

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

“FACULTAD DE ECOLOGÍA”

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL



**“DETERMINACION DEL POTENCIAL DE CAPTURA DE
CARBONO EN CULTIVOS DE CACAO, PALMA ACEITERA Y UNA
ESPECIE FORESTAL (BOLAINA) EN EL AREA DE INFLUENCIA
DE LA EMPRESA PALMAS DEL SHANUSI S.A; UBICADA EN LA
LOCALIDAD DE PAMPA HERMOSA -YURIMAGUAS”**

TESIS

**PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

Autor:

Bach. JASON RAMÍREZ GARCÍA

Asesor:

Ing. RUBÉN RUIZ VALLES

Moyobamba, Perú- 2013

Código N° 06053712



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
FACULTAD DE ECOLOGIA
Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental

ACTA DE SUSTENTACION PARA OBTENER EL TITULO
PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL


En la sala de conferencia de la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín – T sede Moyobamba y siendo las Once de la mañana del día lunes 30 de diciembre del Dos Mil Trece, se reunió el Jurado de tesis integrado por:

Ing. M.Sc. SANTIAGO ALBERTO CASAS LUNA	PRESIDENTE
Ing. JUAN JOSE PINEDO CANTA	SECRETARIO
Lic. RONALD JULCA URQUIZA	MIEMBRO
Ing. RUBEN RUIZ VALLES	ASESOR


Para evaluar la Sustentación de la Tesis Titulado “Determinación del Potencial de Captura de Carbono en Cultivos de Cacao, Palma Aceitera y una Especie Forestal (Bolaina) en el Área de Influencia Palmas del Shanusi S.A. Ubicada en la Localidad de Pampa Hermosa, Yurimaguas”, presentado por el Bachiller en Ingeniería Ambiental Jason Ramirez Garcia según Resolución de Consejo de facultad N° 0090-2013-UNSM-T-FE-CF de fecha 04 de Julio del 2013.

Los señores miembros del Jurado, después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas y terminada la réplica, luego de debatir entre sí, reservada y libremente lo declaran **APROBADO** Por
..... **UNANIMIDAD** con el calificativo de: **BUENO** y
nota..... **QUINCE (15)**.....

En fe de la cual se firma la presente acta, siendo las **12:45** horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el presente acto de sustentación.


Ing. M.Sc. SANTIAGO ALBERTO CASAS LUNA
Presidente


Ing. JUAN JOSE PINEDO CANTA
Secretario


Lic. RONALD JULCA URQUIZA
Miembro


Ing. RUBEN RUIZ VALLES
Asesor

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen María, por darme la dicha de la vida y ser la fuente de fe y esperanza en mi camino.

A mis hermanos: Carol y Rodrigo , por confiar y ser la base ejemplar para ellos tomen el buen camino de la vida y todo incentivarme a salir adelante.

A mis queridos padres: Estiomar y Carlos, en reconocimiento de sus sacrificios y su apoyo indomable en el logro de mis objetivos.

ÍNDICE GENERAL

	Página
INTRODUCCION	
1.1 Planteamiento del Problema.....	01
1.2. Objetivos.....	04
1.2.1. Objetivos generales.....	04
1.2.2. Objetivos específicos.....	04
1.3. Fundamentación Teórica.....	04
1.3.1. Marco Legal	04
A. Protocolo de Kyoto.....	04
1.3.2. Antecedentes de la investigación	05
A. Antecedentes de Estudios de la captura de carbono de “Palma Aceitera” (<i>Elaeis guinensis</i>).....	05
B. Antecedentes de Estudios de la captura de carbono de “Cacao” (<i>Theobroma cacao</i>).....	07
C. Antecedentes de Estudios de la captura de carbono de “Bolaina” (<i>Guazuma Crinita</i>).....	08
D. Investigación en otras Especies	10
E. Métodos para estimar la cantidad de carbono existente en los vegetales.....	12
F. Bondades de la Palma aceitera: La Palma y el Medio Ambiente.....	13
G. Reportes de trabajo de investigación en la fijación de carbono en el Perú ...	13
1.3.3. Fijacion de Bioxido de Carbono	14
A. Creando nuevos reservorios de bióxido de carbono	14
B. Protección de bosques y suelos.....	15
1.3.4. Fijación de Carbono por vegetales.....	15
1.3.5. Producción de biomasa, el almacenamiento y la fijación de carbono de los Bosques.....	16

1.3.6. El ciclo del Carbono.	16
1.3.7. Diferentes escenarios de captura de carbono.....	19
1.3.8. El carbono en ecosistemas forestales tropicales.....	20
1.3.9. El carbono en los sistemas agroforestales.....	21
1.3.10. Bienes y Servicios Ambientales.....	21
1.3.11. Protocolo de Kyoto.....	22
1.3.12. Captura de carbono frente al cambio climático.....	23
1.3.13. Mecanismo de Desarrollo Limpio.....	24
1.3.14. Proyectos en el MDL.	25
1.3.15. Métodos de medición de carbono.....	26
1.3.16. Algunos efectos modelos del CO2.	26
1.3.17. Fijación de Carbono.	28
1.3.18. ¿Por qué el énfasis en carbono?.....	30
1.3.19. Aspectos Botánicos del Cacao.....	30
1.3.19.1. Condiciones de Clima y Suelo.....	31
1.3.20. Aspectos Botánicos de la Palma Aceitera.....	36
1.3.21. Aspectos Botánicos de la Bolaina.....	41
1.3.22. Modelos Alometricos para la estimación de Biomasa.....	46
1.3.23. Bases Teóricas.....	46
1.3.24. Definición de Términos.....	52

1.4. Variables.	56
1.4.1. Variables dependientes.	56
1.4.2. Variable Independiente.	56
1.5. Hipótesis.	56
MARCO METODOLOGICO.	57
2.1. Tipo de Investigación.....	57
2.1.1. De Acuerdo a la Orientación.	57
2.1.2. De acuerdo a la técnica de contrastación.	57
2.2. Diseño de investigación.	57
2.3. Poblacion y Muestra.	58
2.3.1. Poblacion.	58
2.3.2. Muestra.	58
2.4. Tecnica e Instrumentos de Recoleccion de Datos.	58
2.4.1. Ubicación y Delimitacion del Area.	58
2.4.2. Descripcion del Area de Estudio.	59
2.4.3. Metodologia de Analisis.	60
2.4.4. Calculo de la Biomasa Vegetal Total.	60
2.4.5. Frecuencia de Muestreo y Tiempo.	63

RESULTADOS.

3.1. Evaluación de la Captura del Carbono del Cultivo en

“Palma Aceitera” (<i>Elaeis guinensis</i>)	64
3.2. Evaluación de la Captura de Carbono del Cultivo de “Cacao” (<i>Theobroma cacao</i>).	65
3.3. Evaluación de la Captura de Carbono en Especie Forestal de “Bolaina” (<i>Guazuma Crinita</i>).	67
3.4. Diagnóstico de los cultivos de Palma Aceitera, Cacao y Bolania.	68
3.5. Discusiones.	69
3.6. Conclusiones.	70
3.7. Recomendaciones.	70
3.8. Referencias Bibliográficas.	71
3.9. Anexos.....	81

INDICE DE CUADROS

CUADRO N°01: Almacenamiento de carbono anual arbóreo + suelo

CUADRO N° 2: Condiciones climáticas para el desarrollo del cultivo de palma aceitera

CUADRO N° 3: Fenología de “bolaina blanca” en 4 distritos de la selva peruana.

CUADRO N°4: Cálculos y correcciones realizadas en los diferentes datos proporcionados en las referencias bibliográficas para determinar la biomasa de una palma viva a la edad de 25 años

CUADRO N°5: Resumen de los estimados encontrados para una palma viva

CUADRO N° 6: Rangos de estimados en una hectárea de palma

CUADRO N° 7: Comparación con otros sistemas de uso de la tierra (SUT)

CUADRO N°8: Análisis de conversión de Biomasa a Carbono almacenado en *Elaeis guinensis*.

CUADRO N°9: Análisis de conversión de Biomasa a Carbono almacenado en *Theobroma cacao*.

CUADRO N°10: Análisis de conversión de Biomasa a Carbono almacenado en *Guazuma Crinita*.

CUADRO N°11: Resumen del Almacenamiento de Carbono Total.

INDICE DE GRAFICOS

GRÁFICO 01: Total De Carbono Almacenado/Has Por Promedio De Repeticiones Muestrales –
Palma Aceitera

GRÁFICO 02: Total De Carbono Almacenado/Has Por Promedio De Repeticiones Muestrales –
Cacao

GRÁFICO 03: Total De Carbono Almacenado/Has Por Promedio De Repeticiones Muestrales –
Bolaina

GRÁFICO 04: Total De Carbono Almacenado/Has Por Especies.

CAPITULO I:

EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según, HELLER y SHUKLA (2003) definen el cambio climático como la variación global del clima de la tierra, debido a causas naturales y a la acción del hombre, se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad, entre otros. La acción humana está representada por la emisión de volúmenes crecientes de GEI, que aumentan la capacidad de retención de radiación solar de la atmósfera.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) usa el término cambio climático sólo para referirse al cambio por causas humanas; el cual “se entiende como el cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. Al producido por causas naturales lo denomina variabilidad natural del clima (IPCC, 2001). Asimismo, MACKENZIE (2001) señala que los términos cambio climático y calentamiento global, expresan el aumento de la temperatura en la superficie terrestre causado por el incremento de los GEI que provoca la acción del hombre.

A fines de los de la década del los 70, el programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y luego la Sociedad Mundial de Meteorología (SMM), alertan sobre drásticas variaciones climáticas, las que serían consecuencia de la gradual y creciente acumulación de GEI en la atmósfera, provenientes de la actividad industrial y deforestación masiva (IPCC, 2001a). El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Organización Meteorológica Mundial crearon el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), el cual señaló en el tercer informe de valoración del año 2001, que el aumento de la temperatura de la tierra durante los últimos 50 años es consecuencia de las actividades humanas (BATET y ROVIRA, 2002).

En el protocolo de Kyoto - Japón de 1997, se hace hincapié en seis principales gases de efecto invernadero: Dióxido de carbono (CO_2), Metano (CH_4), Óxido nitroso (N_2O), Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF_6). Se

estima que los tres primeros explican el 50, el 18 y el 6 por ciento, respectivamente, del efecto global de calentamiento mundial derivado de actividades humanas.

Durante la Convención sobre el Cambio Climático celebrada el año 1997 en Kyoto, Japón; establecieron un Protocolo en donde los países desarrollados se comprometieron a cumplir ciertas metas de reducción de las emisiones de CO₂. Una forma de mitigar estos efectos y reducir las emisiones, es secuestrándolo, fijándolo o capturándolo y manteniéndolo el mayor tiempo posible en la biomasa vegetal y en el suelo. El primer caso se logra a través de la fotosíntesis y en el segundo a través de la descomposición de la materia orgánica.

Las plantaciones de “palma aceitera” (*Elaeis guineensis* Jacq.) ocupan más de 12 millones de hectáreas en tres continentes (África, Asia y América) y en el Perú aproximadamente 21,200 ha. Por consiguiente parecieran ser candidatas de elección para capturar el Carbono en los países tropicales. Además, en un futuro podrían ser elegibles para proyectos aceptados dentro de los mecanismos de desarrollo limpio (MDL).

Las plantaciones de “Cacao” (*Theobroma cacao* L.) son sistemas agroforestales que sirven como sumidero de gases de efecto invernadero y abarcan casi toda la amazonia peruana. En plantaciones bajo cacao *Theobroma cacao* L. y bajo cacao - *Erythrina sp.*, se puede fijar entre 10 y 22 tnC ha⁻¹ año⁻¹, a los 10 años de edad. (FAO, 2006)

Las plantaciones forestales “bolaina” (*Guazuma Crinita*), pueden absorber cantidades significativas de bióxido de carbono (CO₂), principal gas de efecto invernadero (GEI). Como producto de este hecho, en las últimas décadas ha surgido un interés considerable por incrementar el contenido de carbono en la vegetación terrestre mediante la conservación forestal, la reforestación, la agroforestería y otros métodos de manejo del suelo.

Este tema ya forma parte de las legislaciones de algunos países de América Latina (Costa Rica, El Salvador, México, Brasil y Ecuador) y se considera como un mecanismo efectivo en la mitigación del cambio climático. En nuestro país recién se está considerando como una fuente alternativa de ingresos en zonas rurales y una forma de promover el desarrollo sostenible especialmente en la selva peruana donde se deforesta media hectárea por minuto (0.5 ha/minuto) que equivalen aproximadamente a 260,000 ha/año (INRENA, 2001).

Causas y consecuencias del cambio climático global

ORDOÑEZ (1999), menciona que como consecuencia del incremento de los niveles de concentración atmosférica de CO₂ y otros gases de invernadero, se espera que la temperatura media superficial a nivel global aumente entre 1.4 y 5.8° C de 1990 al 2100. Dicho incremento en la temperatura no sólo es entre dos y 10 veces superior al observado en los últimos 100 años (0.6° C), sino que, además, no tiene precedente en los mil años anteriores y se pronostica que ocurrirá a un ritmo significativamente más rápido que los cambios observados en los últimos 10 mil años.

Se espera que las modificaciones previstas en la temperatura varíen de manera regional, y que las latitudes mayores se calienten mucho más que el promedio global. Es probable, también, que en el futuro aumente la frecuencia del fenómeno de El Niño, ocasionando una mayor incidencia de inundaciones y sequías en gran cantidad de lugares de los trópicos y subtrópicos.

Por otra parte, la expansión térmica de los océanos y el decrecimiento de los glaciares podría hacer que el nivel del mar aumentara entre 8 y 88 cm en el periodo de 1990 al 2100, trayendo consecuencias graves para países como Bangladesh y las pequeñas naciones insulares.

Al calentarse el clima, la evaporación podría incrementarse, y se podría ver un aumento en la precipitación media global y en la frecuencia de lluvias intensas. Sin embargo, mientras que algunas áreas podrían experimentar mayores precipitaciones, otras tendrían una reducción de las mismas. En general, se espera que las lluvias aumenten en altas latitudes tanto en verano como en invierno, que las latitudes medias (África tropical y la Antártica) tengan incrementos en invierno y que el sur y este de Asia los experimente en verano. Por su parte, Australia, América Central y el sur de África tendrían reducciones en la precipitación durante el invierno.

De la misma forma, es de esperarse una mayor incidencia de algunos fenómenos climáticos extremos como episodios de temperaturas extremadamente altas, eventos de fuerte precipitación, déficits de humedad en los suelos, incrementos en la intensidad máxima de vientos y precipitación de ciclones tropicales, inundaciones, sequías e incendios, así como brotes de pestes en algunas regiones del mundo, aunque aún es incierto si la intensidad de las tormentas en latitudes medias aumentaría.

En ese contexto las empresas líderes en procesos agrícolas e industriales del Grupo Palmas a través de la Dirección Regional Agraria, ha ejecutado el Proyecto “Palmas del Shanusi”, con el objetivo de recuperar tierras invadidas y degradadas por el narcotráfico; y compensar con

plantaciones agroforestales como Cacao, Palma aceitera y Bolaina, etc. Lo cual permitirá generar beneficios ambientales en el ámbito del proyecto.

Por lo mencionado anteriormente se plantea la siguiente interrogante:

¿Cuál es el potencial de captura de carbono de las especies de Palma aceitera, Cacao y Bolaina en el área de influencia de la empresa Palmas del Shanusi S.A. – Pampa Hermosa?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el potencial de captura de carbono de los cultivos de Palma Aceitera, Cacao y bolaina en el área de influencia de la empresa Palmas del Shanusi S.A. – Pampa Hermosa.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar un diagnóstico y diseñar un mapa de ubicación de los cultivos de Palma aceitera, Cacao y Bolaina.
- Evaluar la captura de carbono del cultivo de Palma aceitera, en el área de influencia de la empresa Palmas del Shanusi S.A. – Pampa Hermosa.
- Evaluar la captura de carbono del cultivo de Cacao, en el área de influencia de la empresa Palmas del Shanusi S.A. – Pampa Hermosa.
- Evaluar la captura de carbono del cultivo de una especie forestal (Bolaina blanca), en el área de influencia de la empresa Palmas del Shanusi S.A. – Pampa Hermosa.

1.3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.3.1. Marco Legal

A. Protocolo de Kyoto

Firmado en 1997 en Kyoto tiene como objetivo que los países desarrollados de reduzcan en promedio 5.2% de las emisiones de GEI con respecto a las emitidas en 1990, el primer periodo de compromiso está fijado entre los años 2008 y 2012.

Dentro de las herramientas propuestas en el protocolo de Kyoto se encuentra el mecanismo de desarrollo Limpio (MDL), este permite a países desarrollados invertir en proyectos en países en vías de desarrollo, que mitiguen o capturen gases invernadero, esto se lograría a través de la venta de Certificados de Reducción de Emisiones (CER's).

1.3.2. Antecedentes de la Investigación

Hasta la fecha no se han realizado investigaciones sobre captura de carbono en las especies de “Bolaina” (*Guazuma crinita*), “Palma Aceitera” (*Elaeis guinensis*) y “Cacao” (*Theobroma Cacao*), en el departamento de Loreto, provincia de Alto Amazonas, pero en nuestro país y otras naciones existen antecedentes relacionados a la captura de carbono de Palma aceitera, Cacao y Bolaina; sin embargo por la preocupación ante el cambio climático que ocasionan los Gases de Efecto Invernadero (GEI), se están realizando investigaciones relacionadas al particular en otras especies de flora, tanto en el ámbito local, nacional e internacional.

A. Antecedentes de Estudios de la captura de carbono de “Palma Aceitera” (*Elaeis guinensis*).

Investigación en la Universidad EARTH, localizada en la vertiente Caribe de Costa Rica (10°10' N, 83°37' O). La zona de vida es un bosque muy húmedo premontano con transición al basal. La altitud del lugar es de 64 msnm, con una precipitación de 3464 mm y una temperatura promedio de 25.1 °C. El suelo es un Andisol. La plantación tiene 7 años de edad y una densidad 143 plantas ha⁻¹. La plantación tuvo una extensión de 10 ha, de cuales 4 ha fueron seleccionadas al azar como área de muestreo. Para la determinación del contenido de C en la biomasa en palma africana se muestrearon dos plantas por hectárea, para un total de ocho plantas en 4 ha.

La fijación total media de carbono en el sistema de cultivo de “palma africana” (biomasa aérea + suelo), alcanzó 96.02 Mg ha⁻¹ de C (perfil de suelo, 0 cm a 30 cm) y 126.03 Mg ha⁻¹ de C (perfil de suelo, 0 cm a 50 cm), de los cuales 22.68 Mg ha⁻¹ de C se encontraban en la biomasa aérea del cultivo, y el resto en el suelo. El

suelo fue el componente del sistema que almacenó la mayor cantidad de C con el 76.4 % (0 cm a 30 cm) y 82.1 % (0 cm a 50 cm) (Leblanc, 2006).

La biomasa aérea total de la palma africana capturó en las hojas 10.88 Mg ha⁻¹ de C (48.0 %) y 11.8 Mg ha⁻¹ de C (52.0 %) en el tallo. La tasa de fijación media anual de C en la biomasa aérea de la palma africana fue de 3.24 Mg ha⁻¹ de C por año. (Leblanc, 2006).

En el marco del proyecto “Forestación y Reforestación, en el distrito de Pías - La Libertad-Perú” el Instituto Promoción y Desarrollo Agrario (IPDA) patrocinado por la Compañía Minera Poderosa S.A realizaron un proyecto de larga duración que contempla el establecimiento de 7.319 hectáreas de plantaciones forestales en terrenos de comunidades campesinas ubicadas en los distritos de Pías y Pataz, región La Libertad- Perú.

Investigación de Cuantificación del Carbono Almacenado en Plantaciones de “Palma Aceitera” (*Elaeis Guineensis* Jacq) de diferentes edades en la provincia de Tocache. Obteniendo resultado del carbono almacenado determinando por el método destructivo en la biomasa aérea del cultivo de Palma aceitera es de 25.88 t/ha para la edad de 26 años y 24.69 t/ha para la edad de 11 años. (Manuela de la Cruz, 2009)

Trabajo de investigación de cálculo del cambio en el potencial de captura de CO₂ por efecto del incremento en las áreas sembradas de palma en la cuatro principales regiones productoras de este cultivo en Colombia. Los resultados obtenidos revelan que para la mayoría de regiones cultivadoras de palma aceitera, la situación actual permite una captura de CO₂eq, que varía entre regiones de acuerdo a las prácticas agrícolas empleadas y el área sembrada. En este sentido, las principales regiones productoras (Norte y Oriental) tienen los mayores potenciales de captura. Sin embargo, cuando se incluye en el análisis el efecto de cambio en el uso original de la tierra, hacia cultivos de palma, el potencial de captura se revierte y la mayoría de las regiones incrementan sus emisiones, dado que el cultivo de palma aceitera tiene menor tasa de captura de CO₂ que los usos actuales de la tierra, que en su mayoría son bosques o selvas. (NABUURS, G.J. Y MOHREN, G.M. 1.995).

B. Antecedentes de Estudios de la captura de carbono de “Cacao” (*Theobroma cacao*).

Trabajo de investigación llevado a cabo en la Reserva Indígena de Talamanca, Costa Rica y tuvo como fin simular la capacidad de almacenamiento y fijación de carbono del sistema agroforestal cacao *Theobroma cacao* - laurel *Cordia alliodora*, en dos condiciones de relieve (valle y loma), bajo tres densidades de siembra para laurel (6x6, 9x9 y 12x12 m) y una densidad de siembra para cacao, en un período de 25 años. Esta simulación incluyó el carbono almacenado promedio de los compartimientos suelo, necromasa y vegetación herbácea del sistema. (Ortiz, 2006).

Evaluación de la biomasa aérea en seis diferentes sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.) de 5 a 12 años asociado con especies forestales maderables y frutales, reportan la captura de carbono en cada sistema agroforestal que varía desde 26,2 t C ha⁻¹ para el sistema de Pachiza de 5 años hasta 45,07 t C ha⁻¹ del sistema agroforestal de Pachiza de 12 años; Asimismo, la captura de carbono en biomasa arbórea de los árboles vivos, osciló desde 12,09 t ha⁻¹ hasta 35,5 t ha⁻¹, seguido por la biomasa de hojarasca que presentaron valores desde 4 t ha⁻¹ hasta 9,97 t ha⁻¹; mientras la biomasa de árboles muertos en pie y caídos muertos presentaron valores muy variables y bajos. Los sistemas agroforestales de 12 y 20 años representaron el 66,7% de los sistemas que presentan reservas de carbono por encima de las 40 t C ha⁻¹, mientras que los sistemas de 5 años se encuentran con reservas de carbono por debajo de las 30 t C ha⁻¹. (Conchai, 2007)

Investigación sobre la Determinación de las Reservas de Carbono en la Biomasa Aérea de Combinaciones Agroforestales de *Theobroma Cacao* L. & Determinación de la Ecuación Alométrica para el "Cacao. Se evaluaron 7 sistemas de uso de la tierra en el ámbito de la provincia de Mariscal Cáceres, región de San Martín. Tres sistemas de 3 años, dos de 6 años y dos de 8 años de edad del cultivo principal es el cacao. Cada uno de los sistemas se encontró provisto de diferentes sombras, distanciamiento y manejo particular. Así mismo se determinó la ecuación Alométrica (modelo de biomasa): Biomasa = 0.4849 Diámetro 1.42 , con el fin de estimar la biomasa específica para la especie de cacao en función a la información levantada mediante inventarios en Mariscal Cáceres, dicha ecuación fue elaborada

en base a 30 árboles de diferentes zonas con similares condiciones ambientales. (Larrea, 2005).

Los sistemas de cacao con especies forestales maderables y frutales, presentaron una mayor acumulación de carbono almacenado en la biomasa aérea arbórea, a su vez, estos favorecen de manera constante la presencia de abundante hojarasca, funcionando como principal agente de conservación del suelo y excelente controlador de maleza. Los flujos fijación de carbono para cada uno de los sistemas fluctuaron desde 0.99 a 8.02 tn C / ha / año. El sistema más rentable para esta actividad es el de Cacao de 8 años con sombra de capirona, bolaina y caoba, con un ingreso anual aproximado de US\$ 150.33 dólares americanos, por tn CO₂ / ha / año. (Larrea, 2005).

Investigación del almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de “cacao” clon CCN-51 en diferentes edades con “guaba” o “bolaina”, de 28,81 a 90,49 t C/ha⁻¹ en la biomasa aérea, mientras que la acumulación de carbono total (Biomasa aérea + suelo) varió de 35,04 a 97,76 t C/ha⁻¹. (Herrera, 2010)

Trabajo de investigación se realizó entre agosto a diciembre de 2009, en cuatro zonas de la provincia de Leoncio Prado (Pumahuasi-Huamancoto, Km 51-Ricardo, Supte San Jorge y en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva); región Huánuco, Perú, con el objetivo de estimar el contenido de carbono almacenado en los diferentes componentes del SAF cacao + laurel versus un bosque secundario en las edades de 9, 10 y 11 años y determinar la valoración económica del SAF con cacao y bosque secundario.

C. Antecedentes de Estudios de la captura de carbono de “Bolaina” (*Guazuma Crinita*).

En los países en desarrollo el costo de la captura del carbono es menor; puesto que existe una gran disponibilidad de tierras marginales sin cobertura, en diferentes estados de degradación y con aptitud forestal, con baja competencia de usos alternativos y bajos costos de instalación. Esto sumado a la existencia de especies nativas de interesante crecimiento y buena aceptación en el mercado como, en el

caso del Perú, la “bolaina” *Guazuma crinita* C. Martius que generan un muy buen potencial de captura. (Norberto, 2006).

Se ha realizado un estudio para Carbono Almacenado en Diferentes Sistemas de Uso de la Tierra del Distrito de José Crespo y Castillo, Huánuco – Perú. Siendo los sectores evaluados el bosque primario es el que presenta mayor cantidad de carbono, 277,75 t.C/ha; 334,43 t.C/ha, 337,46 t.C/ha y 300,32 t.C/ha, respectivamente; tal como lo describe LAPEYRE et al. (2004) al comparar diferentes ecosistemas en San Martín-Perú; asimismo, CALLO et al. (2002) determinó resultados similares en tres pisos ecológicos de la Amazonía Peruana. Sin embargo, estos valores se reducen cuando este sistema (bosque primario) es cambiado para otro uso. En el sector Los Milagros el carbono almacenado disminuye a 126,26 t.C/ha en un bosque secundario de 6 años; mientras que en los demás sectores la menor cantidad de carbono almacenado se encuentra en los SAF “cacao” *Theobroma cacao* L. con “guaba” *Inga edulis* L. de 6 y 8 años con 96,56 t.C/ha y 104,78 t.C/ha en los sectores Aucayacu y 7 de Octubre-Pucayacu, y SAF “cacao” *Theobroma cacao* L. asociado a “bolaina” *Guazuma crinita* C. Martius de 3 años con 72,03 t.C/ha en el sector Maronilla. (Barbaran, 1988).

Los sistemas agroforestales el grado de almacenamiento de carbono varía principalmente de acuerdo al tipo de asociación que existe entre los cultivos agrícolas y las especies forestales, así como la distribución espacial en la que se presentan; tal como se observa al comparar el SAF “cacao” *Theobroma cacao* L. con “guaba” *Inga edulis* L. de 6 años en el sector Aucayacu (96,56 t.C/ha), quien almacena mayor cantidad de carbono que el SAF “cacao” *Theobroma cacao* L. con “bolaina” *Guazuma crinita* C. Martius de 7 años en el sector Maronilla (89,54 t.C/ha); así como en el SSP “pasto natural” *Paspalum conjugatum* Berg. con especies forestales de 10 años en los sectores Los Milagros y Aucayacu, los cuales almacenan 178,07 t.C/ha y 222,42 t.C/ha, respectivamente. Por lo que, SALGADO (2004) manifiesta que la capacidad de captura y almacenamiento de carbono depende de las especies utilizadas, densidad de los árboles, manejo silvicultural, condiciones ecológicas, calidad de sitio y posibles fugas. Asimismo, en todos los sectores evaluados sobresalen los SAF, puesto que en algunos casos superan en almacenamiento de carbono a los bosques secundarios.

D. Investigación en otras Especies

- En la investigación de Osorio (2004), denominado “Interceptación de la Radiación, Acumulación y Distribución de Biomasa y Contenido de Carbono en las Especies: *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden y *Alnus acuminata* H.B.K.”. Se planteó la necesidad de conocer el potencial de las especies forestales *Alnus acuminata* H.B.K. (*A. acuminata*) y *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden (*E. grandis*), como posibles sumideros de carbono, para lograr su inserción en proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), de acuerdo con las metas y los criterios del protocolo de Kyoto. Se realizaron mediciones y estimaciones, en el departamento de Caldas en *A. acuminata* y en los departamentos de Risaralda, Quindío y Valle en *E. grandis*; con el fin de determinar el comportamiento e interceptación de la radiación a través del dosel, en función de su arquitectura y su efecto sobre la acumulación de la biomasa total y la acumulación de carbono en los órganos a través del tiempo.

Los resultados mostraron que los coeficientes de extinción de la luz (k) tienen valores de 0.82 y 0.81 para *A. acuminata* y *E. grandis*, respectivamente, además se estableció que el dosel de *A. acuminata* presenta un tipo de arquitectura plagiófila y el de *E. grandis* es de distribución plagiófila – erectófila, con base en la distribución de los ángulos de inserción de las hojas a través del dosel, lo que hace que el aprovechamiento de la radiación lumínica, sea diferente para cada una de estas especies. (Osorio, 2004)

El crecimiento, la distribución de biomasa y la acumulación de carbono en los órganos en las dos especies, fue descrito por modelos de tipo sigmoideal asintóticos, mostrando mayores tasas de crecimiento y eficiencia en la captura de carbono por *E. grandis*, la cual a su vez ha presentado en otros estudios las mayores tasas fotosintéticas. La tasa de crecimiento y la eficiencia en la captura de carbono por *A. acuminata* es menor hasta 10 veces con respecto a *E. grandis*. El contenido de carbono, para cada órgano en la especie *E. grandis* varió entre 45 y 48%, siendo el tallo y la raíz los que exhibieron la mayor acumulación de biomasa y de carbono; de igual manera ocurrió con *A. acuminata*, presentando valores de carbono en el rango de 40 y 42%. (Osorio, 2004).

- Se tiene estimaciones del Contenido de Carbono en plantaciones de *Eucalyptus globulus Labill* en el departamento de Junín – Perú. La metodología que utilizó fue desarrollar un inventario de diámetros y alturas de árboles en parcelas de medición, con medidas adicionales de maleza, hojarasca y suelo. El inventario partió de un muestreo sistemático estratificado con equidistancias entre sitios de 250m, levantándose un total de 45 sitios cuadrados concéntricos de 625m², cada uno, en el estrato I, y 15 en el estrato II, el procedimiento señalado constituyó una intensidad de muestreo 2%. Para obtener valores de biomasa se emplearon ecuaciones de biomasa generales (no específicas para el país). El total de carbono estimado tuvo un rango de variabilidad de ± 15 TnC/Ha. Los resultados obtenidos fueron de: Biomasa encima del suelo 73.03 TnC/ha; Biomasa abajo del suelo 21.64TnC/ha, Hojarasca 4,99TnC/ha y suelos 37,39 TnC/ha, en total 137,05 TnC/Ha. (Gamarra, 2001).

- Además, para determinar la fijación anual de carbono por crecimiento de masa forestal se obtuvo la tabla de incremento del género *Eucalyptus*, el cual implicó un análisis detallado del estudio dasonómico conducido en la comunidad. El cual determinó un incremento Medio Anual (IMA) de 7,96 m³/Ha/año. Finalmente los resultados obtenidos mostraron un estimado de fijación de carbono de 7,25 TnC/Ha/año, representando 26,61 toneladas de fijación de dióxido de carbono (Gamarra, 2001).

- Investigación conjunta denominada: “Estimación del servicio ambiental de captura del CO₂ en la flora de los humedales de Puerto Viejo”, en la que estimaron el servicio ambiental de captura del CO₂ de las especies de flora predominantes, siendo la “grama salada” *Paspalum vaginatum* Swartz, la “Salicornia” *Salicornia fruticosa* Linneo, la “totora” *Schoenoplectus californicus*, y el “junco” *Scirpus americanus*, donde se cuantificó la cantidad de carbono almacenado, con la finalidad de conocer el potencial de captura del CO₂ de estas especies que son características en los humedales costeros y de esta manera conocieron la pérdida de estas reservas de carbono al quemarlos o cambiarlos de uso para fines agrícolas o urbanos. Esta característica de capturar carbono se da en la biomasa parte aérea, radicular y en el suelo. Además en cada una de estas especies se establecieron al azar cinco transectos donde se tomó las muestras de flora, incluyéndose dentro de estos cuadrantes también al

azar para cuantificar la biomasa herbácea de los Humedales de Puerto Viejo. (Palomino & Cabrera, 2008).

- Se ha realizado estudio de carbono acumulado en el Ecosistema de la Reserva Nacional Pacaya Samiria, con sus 598970 ha de agujales densos y 372145 ha de aguajales mixtos, tiene acumuladas 448273384,40 de toneladas de carbono total; de esta cantidad, 102 055 032,29 toneladas (23%) corresponden al acumulado en la biomasa y 346 218 752,11 toneladas (77%) al que contiene el suelo. (IIAP, 2006)
- Estudio denominado “Captura de Carbono y Desarrollo Forestal Sustentable en la Patagonia Argentina”. Con la finalidad de determinar hasta qué punto el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) puede fomentar el desarrollo de proyectos forestales sustentables en la Patagonia Argentina. Analizando primeramente el potencial de fijación de dióxido de carbono y la rentabilidad de proyectos de plantación comercial, con especies forestales exóticas (pino) en la región centro-sur de la provincia de Neuquén. Fundamentando que el MDL puede contribuir a elevar la rentabilidad de proyectos forestales marginales, ya que con ingresos por venta de certificados de captura de carbono estos proyectos arrojan un valor actual neto positivo como también una relación financiera costo-beneficio por tonelada de carbono capturada. (Chidiak, et al., 2003).

En este sentido, las estimaciones que realizaron sugieren que no es necesario enfrentar proyectos de MDL de gran escala para lograr la rentabilidad (la escala mínima estimada ronda las 230-620 ha). Es decir sugiere que el sector forestal y los proyectos de mediana escala deberían tener un lugar en una estrategia regional o nacional respecto del aprovechamiento del MDL. (Chidiak, et al., 2003).

E. Métodos para estimar la cantidad de carbono existente en los vegetales

HERNANDEZ (2001), indica que existen dos métodos para calcular la biomasa de los ecosistemas y su elección dependerá de los datos que estén disponibles al momento de realizar la estimación:

El método destructivo utiliza datos colectados a partir de las mediciones destructivas de la vegetación en una unidad de superficie determinada. Por su alto costo, generalmente no se aplica.

El método alométrico implica la medición de una parte del individuo para inferir el total. Como una primera aproximación se estimaron a partir de datos de volumen de fuste y valores de densidad de biomasa aérea arbórea (BA) de los bosques regionales, aplicando las ecuaciones alométricas desarrolladas por BROWN (1997), para bosques tropicales húmedos. La biomasa aérea arbórea se estima usualmente mediante la aplicación de ecuaciones de regresión alométrica a un conjunto de árboles de una parcela medida.

F. Bondades de la Palma Aceitera : la Palma y el medio ambiente

CHAVEZ (2006) menciona que cuando se siembra un árbol de palma aceitera se contribuye a la reforestación debido a que el ecosistema de la palma aceitera, cuando se compara con otros ecosistemas naturales de los trópicos húmedos tiene una tasa neta anual de producción de biomasa igual o aún mayor que el bosque tropical, y que a diferencia de un cultivo anual, que deja el suelo más o menos desnudo durante varios meses tiene la cualidad de convertirse en un bosque tropical artificial. Así mismo, al cortar el racimo de fruta fresca, también se corta la hoja que está debajo del mismo, la cual se incorpora al suelo, siendo una importante fuente de nutrientes para abonar la plantación y generar humus, reduciendo el uso de fertilizantes minerales. Todas las partes de la palma se utilizan y por lo tanto no hay desperdicios que contaminen. El mismo autor estima que 143 árboles de palma aceitera por hectárea, que es la población indicada para una plantación de 9 x 9, puede generar más de 20 toneladas diarias de oxígeno, lo que significa que actualmente, el cultivo de la palma aceitera en el Perú (15,000 has.) genera más de 300,000 toneladas de oxígeno diario y que para el año 2005, serían 400,000 toneladas de oxígeno al día que se producirían en la amazonía peruana gracias a este cultivo.

G. Reportes de trabajo de investigación en la fijación de carbono en el Perú

RIOS (2007), realizó estudios en la cuantificación de carbono en sistemas de uso de la tierra en el distrito de José Crespo Castillo localizados en cinco

propiedades y dos instituciones de investigación de José Crespo Castillo, a 2.829,67km de la provincia de Leoncio Prado, departamento de Huanuco, Perú. La metodología empleada fue la metodología establecida por el ICRAF. El almacenamiento de carbono anual en los sistemas estudiados fueron los siguientes:

CUADRO N°01: Almacenamiento de carbono anual arbóreo + suelo

Sistemas de uso de la tierra	Edades (años)	Carbono en la biomasa aérea (1)	Carbono en el suelo (2)	Carbono total	Relación (1) / (2)
t/ha ⁻¹ /año					
Cultivo de coca	1	66.52	13,84	80,36	0,208
SAF café	3	33,73	3,96	37,69	0,117
SAF pupunha	5	28,27	1,91	30,18	0,068
SSP <i>Echinochloa polystachya</i>	3	23,54	4,58	28,12	0,195
Capoeira	12	8,86	1,06	9,92	0,12
SAF Cítrico	15	6,65	0,83	7,48	0,125
SAF Cítrico	30	5,02	0,37	5,4	0,074
SSP <i>Paspalum conjugatum</i>	15	4,14	0,35	4,49	0,085
SAF cacao mejorado	30	3,3	0,43	3,72	0,130
SAF cacao tradicional	35	3,07	0,21	3,27	0,068

Fuente Ríos (2007)

1.3.3. Fijación de Bióxido de Carbono

A través de la fotosíntesis la vegetación asimila CO2 atmosférico, forma carbohidratos y gana volumen. Los bosques del mundo capturan y conservan más carbono que cualquier otro ecosistema terrestre y participan con el 90% del flujo anual de carbono de la atmósfera y de la superficie de la tierra. (Montoya, 1995).

Con el manejo forestal es posible compensar las crecientes emisiones de CO2 en dos formas: (Montoya 1995) & (Ordóñez 1999).

- a) **Creando nuevos reservorios de bióxido de carbono.** Restaurando las áreas degradadas por medio de plantaciones y/o regeneración natural, y por la extracción de madera. En ambos casos se pretende almacenar el carbono a través del crecimiento de árboles y al extraer la madera convertirla en productos durables. El carbono acumulado se mantendrá durante la vida útil del producto. Al extraer la

madera la regeneración actuara almacenando carbono por el crecimiento. Los sistemas forestales y agroforestales pueden capturar en sus diferentes almacenes de 80 a 350 Tn de carbono por hectárea.

b) Protección de bosques y suelos. Con la destrucción del bosque se pueden liberar a la atmósfera de 50 a 400 Tn de carbono por hectárea. Mencionan que mientras la protección de un área forestal puede inducir a la presión de otra, el manejo integrado de recursos enriqueciendo con esquemas de evaluación de proyectos son requeridos para validar dicha protección, no obstante los aspectos técnicos pierden su efectividad si no participa la población es decir tanto los dueños de los recursos como los que consumen los productos derivados del bosque.

1.3.4. Fijación de carbono por los vegetales

SALISBURY (1999) indica que en 1954 se descubrió una enzima que cataliza de manera irreversible la combinación del CO₂ con la RuBP para formar dos moléculas de 3-PGA. Ésta es una reacción de extraordinaria importancia. Se forma un intermediario inestable el cual con la adición de agua se fragmenta en dos 3-PGA.

El ciclo de Calvin se realiza en el estroma de los cloroplastos y consta de tres partes principales: carboxilación, reducción y regeneración. La carboxilación implica la incorporación de CO₂ y la RuBP para formar dos moléculas de 3-PCA. En la fase de reducción, el grupo carboxilo del 3-PGA se reduce a un grupo aldehído del 3 (3- P Gliceraldehído. A juicio de LEMON (1983) el CO₂ atmosférico provee a través del proceso fotosíntesis, la materia prima para la actividad biológica sobre la tierra. El mayor almacén de los productos de este proceso es la biomasa en forma de azúcares, almidones, proteínas y grasas. Por esto, al proceso de fotosíntesis se le reconoce que su mayor papel consiste en el balance del contenido de carbono en la atmósfera necesitándose, según HIPKINS (1984) de al menos 4.8×10^5 joules (J) para fijar un mol de carbono.

Además se reconoce que mediante este proceso se puede remover casi todo el CO₂ del ambiente en pocos años. Sin embargo, la fotorespiración al liberar esta molécula, funciona como contraparte al proceso de captación del dióxido de carbono en la atmósfera, por lo cual el proceso puede llegar a equilibrarse.

Por lo dicho, los bosques juegan un doble papel: el de sumideros (los define la CMCC como los procesos o actividades que remueven GEI de la atmósfera) de carbono y el de fuente emisora de CO₂ a la atmósfera. BROWN y LUGO y (1992)

menciona que esto también los convierte en agentes y víctimas del cambio climático global, por lo tanto, debería conocerse su rol en los procesos que implica del cambio climático.

1.3.5. Producción de biomasa, el almacenamiento y la fijación de carbono de los bosques

FINEGAN, (1997) y KYRKLUND, (1990), mencionan que la cantidad de biomasa acumulada por el crecimiento de los árboles en los bosques disminuye gradualmente conforme aumenta la edad del bosque, y por lo tanto, su potencial de secuestro de carbono también disminuye. Sin embargo, esto no quiere decir que los bosques en los diferentes periodos de crecimiento no fijen carbono. Esta variabilidad que muestran los bosques naturales con respecto a las características de captura y almacenamiento de dióxido de carbono sirve de base para diseñar diferentes alternativas de manejo de bosques naturales y de ecosistemas forestales para que contribuyan al almacenamiento o no a la emisión de CO₂.

BROWN (1992) mencionan que el bosque secundario fija más carbono que un bosque primario porque tiene una mayor tasa de productividad primaria neta. Sin embargo, ANDERSON y SPENDER (1991), indican que la velocidad que en los bosques secundarios el secuestro de carbono varía grandemente. SMITH et al.,(1997), menciona que la producción de biomasa y la capacidad de almacenamiento de carbono por la plantas es determinada por las zonas de vida, los sitios, las especies y la etapa de desarrollo en que se encuentren, el manejo (por ejemplo, periodo de rotación para plantaciones forestales), uso anterior de la tierra, grado o intensidad de la intervención, edad desde el abandono del sitio, entre otros.

1.3.6. El Ciclo del Carbono

Este ciclo gira especialmente alrededor del bióxido de carbono, ya que constituye la especie química predominante en la atmósfera. El ciclo funciona básicamente a través de la fotosíntesis, la respiración, las emisiones por quema de combustibles fósiles y fenómenos naturales como las erupciones volcánicas. (Ordóñez, 1999).

A sí mismo afirma que, el ciclo del carbono es el responsable de la cantidad de CO₂ contenido en la atmósfera, ya que es el mecanismo que equilibra las cantidades de carbono presentes en los diferentes reservorios o almacenes de carbono en el

planeta. Como consecuencia se establece todo un balance de carbono a través de procesos fijadores/almacenadores de carbono y otros que a su vez lo emiten. (Ordóñez, 1999).

En los ecosistemas terrestres, la vía más importante del flujo de carbono atmosférico a la vegetación y el suelo es biológica, por medio de la fotosíntesis y la descomposición, respectivamente. Este flujo involucra muchos procesos interactuantes, los cuales mantienen el equilibrio dinámico del intercambio de gases atmósfera planta suelo. Como se mencionó anteriormente, la deforestación puede afectar este equilibrio dinámico de intercambio de gases, por lo que es muy importante conocer cuáles son los mecanismos que lo controlan (Oliva & García, 1998).

La incorporación del C al ciclo biológico se da por medio de la fotosíntesis que produce energía bioquímica para los procesos fisiológicos y de formación de materia biológica (biomasa) a partir del CO₂, energía radiante y nutriente. El CO₂ es tomado directamente de la atmósfera y su asimilación por la planta es conocida como fotosíntesis gruesa. Pero no todo el CO₂ asimilado es transformado a biomasa, sino que una parte es regresada a la atmósfera por medio de la respiración que se lleva a cabo durante los procesos fisiológicos (Oliva y García-Oliva, 1998).

El carbono fijado por las plantas se transforma en moléculas móviles, que se asignan a las diferentes estructuras de la planta para satisfacer sus demandas fisiológicas y estructurales. Esta asignación determina las rutas por las cuales se dará posteriormente el flujo de C al suelo. Cada especie de planta asignará más o menos C para producir biomasa en la parte aérea o en la parte subterránea. Por ejemplo, la biomasa subterránea en la selva estacional representa entre 40 y 50 % de la biomasa total, mientras que en el bosque templado y la selva húmeda, la biomasa subterránea representa menos del 15%. (Castellanos & Col., 1991).

La incorporación de C al suelo en los ecosistemas naturales se da por dos vías principales: por el mantillo (capa superficial de materia vegetal) y por la biomasa radicular. La velocidad de la descomposición de este material depende de las poblaciones microbianas del suelo y de las características del material vegetal.

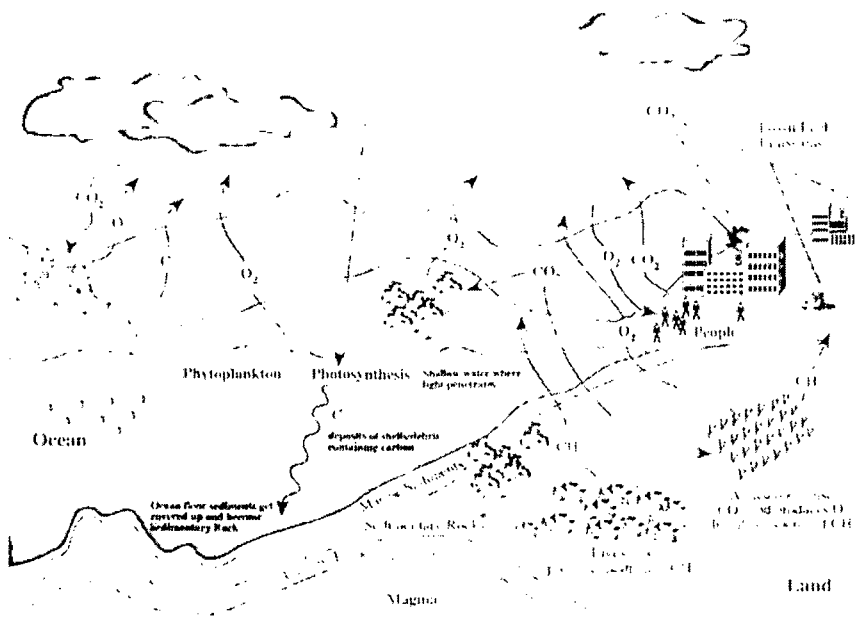
Cuando el material llega al suelo, primero van a ser descompuestas las formas más sencillas (carbohidratos) aumentando la actividad microbiana y posteriormente serán degradados los compuestos más complejos con una menor velocidad y actividad microbiana. Esto sugiere que la entrada de C nuevo al mantillo y al suelo es muy importante para mantener activas a las poblaciones microbianas. Esta incorporación de C nuevo es por medio de la vegetación, por lo que la producción y la fenología son otros mecanismos que controlan el flujo de C atmósfera - planta – suelo.

IPCC, (1995); Lashof y Ahuja, (1990); Mintzer, (1992) y Dixon y col. (1994), citan que, el panorama actual del incremento de CO₂ atmosférico y la tendencia a que pueda aumentar más la tasa de emisión neta es desalentador. Sin embargo, afortunadamente es posible reducir dichas emisiones a la atmósfera por medio del ciclo biológico conocido como el ciclo del carbono. Estimar con precisión la dinámica de los flujos netos de carbono entre los bosques y la atmósfera (es decir, el balance emisión – captura) Es uno de los problemas abiertos más importantes en la discusión sobre cambio climático. (Oliva y García-Oliva, 1998).

Es resultado, del complejo ciclo biogeoquímico del carbono en los ecosistemas forestales En efecto los flujos y almacenes de carbono en un ecosistema forestal, donde el follaje, las ramas, las raíces, el tronco, los desechos, los productos y el humus estable son almacenes de carbono, mismos que se reincorporarán al ciclo por descomposición y/o quema de la biomasa forestal. (García-Oliva y Ordóñez, 1999).

El carbono presente en el suelo está ampliamente relacionado al proceso de descomposición de la biomasa por las actividades bacterianas. Parte del carbono presente en el suelo regresa a la atmósfera a través del proceso de mineralización del carbono orgánico. De forma natural, otra parte del carbono orgánico es llevado por los ríos hasta llegar a los océanos, donde se deposita en forma de carbonatos (CO₃). Este proceso también puede ser acentuado por la acción humana. El cambio de carbono entre el reservorio oceánico y el atmosférico ocurre por medio de procesos químicos que establecen un equilibrio entre las capas superficiales de los océanos y las concentraciones en el aire sobre la superficie. La cantidad de CO₂ que el océano absorbe depende de la temperatura del mismo y de la concentración ya presente, de tal manera que temperaturas más altas del agua pueden causar la emisión de CO₂ (RUNITZ, 2009).

FIGURA N° 1: Ciclo del Carbono



1.3.7. Diferentes escenarios de captura de carbono

Según BOLIN et al. (1996), la vegetación terrestre a través de sus procesos fisiológicos tales como la fotosíntesis, y los océanos se consideran que conservan grandes cantidades de carbono. El FONAM (2006) menciona que los bosques, tierras agrícolas y otros ecosistemas terrestres ofrecen un potencial de almacenamiento de carbono. La CMNUCC durante la Cumbre para el Medio Ambiente y el Desarrollo, celebrada en la ciudad de Río de Janeiro, Brasil, en junio de 1992, considera a las actividades forestales como actividades a tomar en cuenta para el control, la reducción y/o la prevención de emisiones antropogénicas de GEI (SALGADO, 2004).

MARQUEZ (2000) afirma que los ecosistemas terrestres juegan un papel importante en el ciclo global del carbono, en tanto el manejo forestal puede hacer una contribución sustancial a controlar los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera. Otras actividades de uso de la tierra y bosques que pueden contribuir son: la conservación de bosques en peligro de deforestación, rehabilitación de bosques, forestación, reforestación o promoción de la agroforestería. En el sector de uso de la tierra y bosques se han identificado dos estrategias principales para acumular el carbono: La primera es aumentar la fijación de carbono al crear o mejorar los sumideros. La segunda es prevenir o reducir la tasa de liberación del

carbono ya fijado en sumideros existentes. Además, el IPPC (2001b) estima que a nivel mundial, la retención de carbono derivada de la forestación, la regeneración forestal, el incremento de las plantaciones y el desarrollo de la agrosilvicultura entre 1995 y 2050 será entre el 12 y el 15% de las emisiones de carbono originadas por los combustibles fósiles en el mismo periodo.

1.3.8. El carbono en ecosistemas forestales tropicales

ARÉVALO et al. (2003) afirman que secuestro de carbono es el proceso de fijación de carbono en forma continua en cualquier sistema de uso de la tierra como consecuencia de alguna intervención sobre áreas degradadas o en proceso de degradación; estas intervenciones pueden ser programas de manejo de suelos con reforestación, agroforestería o conservación de suelos. Las cantidades fijadas de carbono se expresan en (t.C/ha/año).

La cantidad de carbono almacenado se relaciona con la capacidad del bosque de mantener una cierta cantidad de biomasa por hectárea, la cual está en función a su heterogeneidad y está determinado por las condiciones del suelo y clima (ARÉVALO et al., 2003). Ordóñez (1999), citado por MARQUEZ (2005) menciona que el tiempo en que el carbono se encuentra constituyendo alguna estructura del árbol y hasta que es reemitido (ya sea al suelo o a la atmósfera), se considera que se encuentra almacenado. LOGUERCIO (2005) y DELANEY (2005) afirman que la vegetación, en particular los bosques, almacenan grandes cantidades de carbono en su biomasa (tronco, ramas, corteza, hojas y raíces) y en el suelo (mediante su aporte orgánico). Además, MARQUEZ (2000) menciona que los ecosistemas forestales almacenan carbono en cuatro fuentes: biomasa arriba del suelo, biomasa abajo del suelo, hojarasca, otra materia vegetal muerta y en el suelo.

Extracción y almacenamiento de carbono de la atmósfera en sumideros como los océanos, los bosques o la tierra; a través de un proceso físico o biológico como la fotosíntesis (EVALUACIÓN DE ECOSISTEMAS DEL MILENIO, 2006). Un sumidero de carbono, es aquel que elimina el carbono de la atmósfera, tal como sucede con las plantas verdes que consumen CO₂ durante el proceso de fotosíntesis (MARTINO, 2006). Asimismo, BOLIN et al. (1986) definen a los sumideros de carbono, como aquellos que eliminan de la atmósfera tanto carbono como el que aportan en forma natural.

1.3.9. El carbono en los sistemas agroforestales

SÁNCHEZ et al. (1999) manifiestan que la tasa de absorción de carbono en los sistemas agroforestales, puede ser muy alta ya que la captura de carbono se efectúa tanto por los árboles como por los cultivos: de 2 a 9 t.C/ha, dependiendo de la duración (15 a 40 años). SCHROEDER (1994) menciona que en las áreas tropicales, se puede obtener un almacenamiento de 21 a 50 t.C/ha en zonas subhúmedas y húmedas respectivamente. Las raíces por sí solas podrían incrementar esos valores en 10 %. Marquez (1997), citado por MARQUEZ (2005) menciona que el carbono almacenado en sistemas de café con sombra en el Salvador es aproximadamente de 64,35 t.C/ha. Por otro lado, KANNINEN (2000) describe que el almacenamiento de carbono en la agroforestería en un estado inicial es de 8,9 t.C/ha, y a los 9 años de 24,1 t.C/ha.

La conversión de tierras de cultivos improductivas (con bajos niveles de materia orgánica y nutrientes) en sistemas agroforestales podrían triplicar las existencias de carbono, de 23 a 70 t.C/ha en un período de 25 años. Bajo las condiciones de la labranza convencional, la pérdida de carbono será considerable (40 a 50 % en unas pocas docenas de años) con un alto nivel de liberación del mismo durante los primeros cinco años (FAO, 2002). Si se establecen pasturas, las pérdidas son mucho menores y es probable que en pocos años haya una cierta recuperación de carbono gracias a la materia orgánica de los pastos (DE MORAES et al., 1996). Sin embargo, en los sistemas agrícolas o ganaderos, los sumideros de carbono en el suelo son considerablemente pequeños, mientras que en sistemas agroforestales aumenta. Los sumideros superficiales de carbono en sistemas agroforestales son similares a aquellos encontrados en bosques secundarios (BROWN y LUGO, 1992). Los sistemas agroforestales, ofrecen muchas ventajas, especialmente para los pequeños agricultores (FAO, 2002). Puesto que, representan una alternativa sostenible a la deforestación y a la agricultura de roza, tumba y quema (SÁNCHEZ et al., 1999 y SCHROEDER, 1994).

1.3.10. Bienes y Servicios Ambientales

Indican que desde la celebración de la “Cumbre de la Tierra” en Río de Janeiro (1992), se enfatizó que a fin de alcanzar la conservación y manejo sostenible de los recursos naturales es necesario generar estructuras internalicen los costos y

beneficios de los sistemas de mercado. (Montoya & col., 1995) (Modificado de Olguín, 2001).

Varios autores han coincidido en incorporar una perspectiva integral económico-ecológica, basada principalmente en los bienes y servicios ambientales (BSA). El reconocimiento de los BSA, además de establecer un valor económico a los beneficios que la naturaleza brinda de forma gratuita, alerta a las sociedades sobre pérdidas de elementos y funciones ecológicas que son sustento de la actividad económica y de su propio bienestar (Daily & col., 1996) (tomado de Olguín, 2001).

Los BSA son diferentes entre sí, mientras los bienes ambientales son producto de las funciones ecológicas (e. g, alimentos y agua), los servicios son atributos de estas; por ejemplo, ciclaje de nutrientes, formación y retención del suelo, flujo y almacenamiento del agua. (Constanza & Col., 1997) (Scott & Col. 1998) (Tomado de Olguín, 2001).

Sin embargo ambos dependen de la estructura y diversidad presente en cada ecosistema. (Christensen & Franklin, 1997) (Tomado de Olguín, 2001).

La cantidad y calidad de los BSA se pone en peligro al deteriorarse los procesos u otros elementos de base que mantienen las condiciones óptimas de los ecosistemas. (Scott et al., 1998) (Tomado de Olguín, 2001).

1.3.11. Protocolo de kyoto

El Protocolo de Kyoto fue adoptado durante la tercera reunión de la conferencia de las Partes (CoP3), en Kyoto, Japón, el 11 de diciembre de 1997. Incluye límites legalmente vinculantes para las emisiones de GEI de los países industrializados (países incluidos en el Anexo I del protocolo) para reducir sus emisiones de seis GEI (estipulados en el Anexo A), en conjunto, en 5 % por debajo de los niveles de 1990 (año base) en el primer período de compromisos establecido entre el 2008 - 2012 (WWF, 2006). Según Brown (1998), citado por MARQUEZ (2000), los países en desarrollo (países no incluidos en el Anexo I) no están obligados por el protocolo a comprometerse con límites de emisiones.

El Protocolo de Kyoto entra en vigencia el 16 de febrero del 2005, donde en la actualidad ha sido ratificado por 141 países, entre ellos 30 industrializados (GUZMÁN et al., 2006). El Perú ratificó en setiembre del 2002 (COTO y MORERA, 2004).

El Protocolo de Kyoto crea un vehículo a través del cual pueden fluir capitales desde países industrializados a países en vías de desarrollo, generándose oportunidades, tanto en el sector forestal como en otros sectores de la economía (NORBERTO, 2006). Para ello se estableció 3 mecanismos para facilitar lograr los objetivos de la CMNUCC, y ayudar a los países industrializados alcanzar sus límites, estos conjuntamente se llaman mecanismos flexibles. Estos mecanismos son: Implementación Conjunta (artículo 6), el Mecanismo de Desarrollo Limpio (artículo 12) y el Comercio de Emisiones (artículo 17), que sólo estarán a la disposición de aquellos que ratifiquen el tratado. En términos de proyectos de fijación de carbono en países en desarrollo, el Mecanismo de Desarrollo Limpio es el mecanismo flexible relevante. Por otro lado los mecanismos flexibles están diseñados para promover descensos en las emisiones con el menor costo posible (MARQUEZ, 2000). Específicamente el Artículo 3.4 del protocolo permite la expansión de los sumideros creados por la intervención humana. Por otro lado los acuerdos post Kyoto consideran los sumideros en los países y reconocen el potencial fundamental de la agricultura, de las tierras de pastoreo y de los suelos forestales para capturar carbono y la necesidad de conceder créditos nacionales para favorecer la formación de sumideros de carbono en los suelos agrícolas (FAO, 2002).

1.3.12. Captura de carbono frente al cambio climático

El cambio climático global asociado al aumento potencial de la temperatura superficial de nuestro planeta, es uno de los problemas ambientales más duros que en el presente siglo se afronta. Todo ello se acentúa por el rápido incremento actual de las emisiones de gases del efecto invernadero (GEI) y por las dificultades de reducir en forma sustantiva el incremento de GEI en el futuro próximo (IPCC, 1995).

La deforestación mundial anual se calcula en 17 millones de hectáreas, lo que implica una liberación anual de cerca de 1,8 GtC; que representa el 20% de las emisiones antropogénicas totales (IPCC, 1995). En tal sentido para proponer

estrategias viables dirigidas a la mitigación del cambio climático es imprescindible, por un lado, conocer la dinámica del Carbono en los ecosistemas forestales y por otra parte las modificaciones de los flujos de carbono derivadas de los patrones de cambio de uso de suelo. Un primer paso indispensable para lograr este objetivo, es contar con la información básica sobre los contenidos de carbono en los diferentes almacenes del ecosistema.

1.3.13. Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)

MARQUEZ (2000) menciona que el MDL fue establecido en el Artículo 12 del Protocolo de Kyoto y se refiere a proyectos para la mitigación de cambio climático llevados a cabo entre los países industrializados y los países en desarrollo.

El MDL no es tan sólo un instrumento para mitigar el cambio climático; sino también un medio para ayudar a los países en desarrollo en su aspiración a un desarrollo sostenible, limpio y ecológicamente sano. El propósito más ambicioso es hacer que el MDL contribuya efectivamente a la generación y la transferencia de la tecnología y las inversiones que se requieren para romper el nexo entre crecimiento económico y combustibles fósiles en los países en desarrollo. El MDL se basa en proyectos, y su importancia radica en que es la primera estrategia mundial de mercado para promover servicios medioambientales. Esto significa que los sistemas de agricultura ecológica pueden tener nuevas funciones económicas además de la producción de alimentos y fibras (OYHANTÇABAL, 2005).

El MDL es el único que involucra a países en desarrollo, el cual permite que proyectos de inversión elaborados en éstos países puedan obtener beneficios económicos adicionales a través de la venta de Certificados de Emisiones Reducidas (CER), mitigando la emisión o secuestrando GEI de la atmósfera (ULLOA, 2004). Por otro lado, NORBERTO (2006) menciona que los CER son certificados obtenidos como producto de un proyecto realizado en países en vías de desarrollo donde se reducen o fijan emisiones de GEI en comparación a un escenario base. Los CER pueden expresarse en t.CO₂, o t.C (una t.C equivale a 3,7 t.CO₂).

Según el FONAM (2004), el MDL representa una oportunidad de añadir valor ambiental a las inversiones en proyectos de diversa índole, tales como generación de energía, gestión de residuos, transporte, desarrollo forestal, entre otros.

1.3.14. Proyectos en el MDL

Según PEDRONI (2005), el MDL incluirá proyectos en los siguientes sectores: i) Industrias energéticas (renovables/no renovables), ii) Distribución de energía, iii) Demanda de energía, iv) Industrias manufactureras, v) Industrias químicas, vi) Construcción, vii) Transporte, viii) Minas / producción mineral, ix) Producción metalúrgica, x) Emisiones fugitivas de combustibles (sólidos, petróleo y gas natural), xi) Emisiones fugitivas de la producción y consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre, xii) Uso de solventes, xiii) Disposición y manejo de desechos, xiv) Forestación y reforestación, xv) Agricultura.

Los criterios de elegibilidad establecidos para participar en el MDL según (FONAM, 2007): El país donde se realice el proyecto deben tener una Autoridad Nacional Designada (AND) para el MDL. El país donde se realice el proyecto debe haber ratificado el Protocolo de Kyoto. El proyecto debe demostrar tener beneficios reales, medibles y a largo plazo en relación con la mitigación de los GEI. La reducción de las emisiones debe ser adicionales a las que se producirían en ausencia de la actividad del proyecto certificado. Los proyectos deben contribuir al desarrollo sostenible del país.

NORBERTO (2006) manifiesta que la Decisión de Berlín estableció las características esenciales que deben reunir todos los proyectos: Tener consistencia con las prioridades nacionales de desarrollo. Contar con el respaldo de los gobiernos participantes. Alcanzar reducciones de emisiones cuantificables que no hubieran ocurrido sino por la actividad. Ser financiados por fuentes adicionales a la actual asistencia oficial para el desarrollo.

El Perú, luego de la firma y ratificación del Protocolo de Kyoto (13 de noviembre de 1998 y 12 de setiembre del 2002), ha desarrollado la Estrategia Nacional del MDL, que involucra una serie de actores. El Consejo Nacional del Ambiente (CONAM), Autoridad Ambiental Nacional, coordina la implementación de la misma, y es también la Autoridad Nacional designada para el MDL, encargada de aprobar los proyectos en el país. Por otro lado, el Fondo Nacional del Ambiente

(FONAM) está encargado de las labores de Promoción de este mecanismo, que incluye la estructuración y actualización de la cartera de proyectos (FONAM, 2004).

1.3.15. Métodos de medición de carbono

Para evaluar la biomasa aérea se puede emplear dos métodos: El primero “método directo o destructivo” y el segundo “método indirecto”. En ambos casos, los valores obtenidos se extrapolan a una hectárea (SCHLEGEL, et al. 2001)

i. Método directo o destructivo

Es aquel en el que se incluye mediciones de campo, cosecha y toma de muestras de la totalidad de la vegetación, teniendo en cuenta algunos criterios de evaluación. Aunque este método es más costoso y requiere de mayor tiempo, arroja resultados de alta confiabilidad.

ii. Método Indirecto

Es aquel método en que generalmente se aplican cuando los árboles son de grandes dimensiones; y entre las fórmulas indirectas para estimar biomasa, se encuentra el uso de modelos de biomasa específicos para cada especie, donde los valores de inventarios forestales como diámetro y altura, se transforman a términos de biomasa con la ayuda de modelos generales.

1.3.16. Algunos Efectos Modelos del CO₂.

- **Climáticos**

Los GEI, deberían causar una elevación media de la temperatura entre 3.5 y 4.2 °C, en este siglo, incrementándose con la latitud, variación en los regímenes de precipitación, periodos de lluvia y sequía más cortos e intensos por aceleración de los ciclos de evapotranspiración, incrementos de 7 a 11%, más acentuados entre 30° LN y 30° LS, es consecuencia, mayores sequías en latitudes medias y altas, desplazamientos de las zonas climáticas y agrícolas hacia latitudes más australes y boreales, se ha estimado un radio de variación entre 200 y 300 Km. Retraimiento y derretimiento de polos y glaciales; elevándose con ello el nivel del mar, para el 2030 se cree será 0.18m y para el 2100 será de 0.65m; decremento de la nubosidad,

más nubes bajas en altas latitudes y más nubes altas en latitudes medias (IPCC, 1995). (Citado por Parlamento Latinoamericano, et al., 1998).

Los GEI, deberían causar una elevación media de la temperatura entre 3.5 y 4.2 °C, en este siglo, incrementándose con la latitud, variación en los regímenes de precipitación, periodos de lluvia y sequía más cortos e intensos por aceleración de los ciclos de evapotranspiración, incrementos de 7 a 11%, más acentuados entre 30° LN y 30° LS, es consecuencia, mayores sequías en latitudes medias y altas, desplazamientos de las zonas climáticas y agrícolas hacia latitudes más australes y boreales, se ha estimado un radio de variación entre 200 y 300 Km. Retraimiento y derretimiento de polos y glaciales; elevándose con ello el nivel del mar, para el 2030 se cree será 0.18m y para el 2100 será de 0.65m; decremento de la nubosidad, más nubes bajas en altas latitudes y más nubes altas en latitudes medias (IPCC, 1995). (Parlamento Latinoamericano et al., 1998).

Las emisiones mundiales de GEI causadas por actividades humanas desde la era preindustrial aumentaron en 70 por ciento entre 1970 y 2004. En ese período, la mayor contribución provino del suministro de energía, transporte e industria, mientras que los aportes de la vivienda y el comercio, la silvicultura (incluida la deforestación) y la agricultura crecieron más lentamente. Dentro de las principales conclusiones, difundidas por el IV Informe en febrero de 2007, el IPCC vaticinó un alza de entre 1,1 y 6,4 grados centígrados de la temperatura media del planeta antes del año 2100, relacionada con la actividad humana, con un 90 por ciento de certeza, produciendo impactos irreversibles. Entre ellos, la extinción de entre 20 y 30 por ciento de las especies animales y vegetales que se han evaluado en cientos de estudios analizados.

- **Biofísicos**

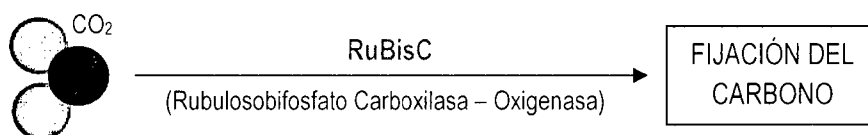
El calentamiento global, implicaría alteraciones de los ciclos biogeoquímicos y pérdida de la biodiversidad (UNEP, GENS. 1992). Trayendo como consecuencias: superposición de hábitats, por ejemplo los bosques polares migrarían a extremos más nórdicos inclusive; nuevas configuraciones ecosistémicas, se añadiría un nuevo y sustancial ingrediente de selección, producción de flores, frutos y semillas en lapsos menores y diferentes periodos (citado por PARLAMENTO LATINOAMERICANO, et al., 1998).

- **Socio-económicos**

Como cualquier condición adecuaria su vigencia a las demás condiciones, cambios en los sistemas de producción agrícola, amenazas de poblaciones, habitantes de zonas costeras bajas e islas (1/3 de la población del planeta vive en los 600 Km. ribereños); desabastecimiento de alimentos (por incapacidad biológica y/o financiera para producir o adquirirlos), e inversamente, apertura de nichos de producción no considerados (PARLAMENTO LATINOAMERICANO, et al., 1998), las alteraciones en el proceso de demanda y satisfacción energética, afectarían grandes segmentos sociales y repercutirían en el comercio internacional, prosperidad económicas, estilos de vida.

1.3.17. Fijación del Carbono

La enzima que cataliza de manera irreversible la combinación del CO₂ con la RuBP para formar dos moléculas de 3-PGA. Ésta es una reacción de extraordinaria importancia. Se forma un intermediario inestable el cual con la adición de agua se fragmenta en dos 3-PGA.



El ciclo de Calvin se realiza en el estroma de los cloroplastos y consta de tres partes principales: *carboxilación*, *reducción* y *regeneración*. La carboxilación implica la incorporación de CO₂ y la RuBP para formar dos moléculas de 3-PGA. En la fase de reducción, el grupo carboxilo del 3-PGA se reduce a un grupo aldehído del 3 (3- P Gliceraldehído).

El CO₂ atmosférico provee a través del proceso fotosíntesis, la materia prima para la actividad biológica sobre la tierra. El mayor almacén de los productos de este proceso es la biomasa en forma de azúcares, almidones, proteínas y grasas. Por esto, al proceso de fotosíntesis se le reconoce que su mayor papel consiste en el balance del contenido de carbono en la atmósfera necesitándose.

Además se reconoce que mediante este proceso se puede remover casi todo el CO₂ del ambiente en pocos años. Sin embargo, la foto-respiración al liberar esta molécula, funciona como contraparte al proceso de captación del dióxido de carbono en la atmósfera, por lo cual el proceso puede llegar a equilibrarse.

La cantidad de carbono secuestrado, se relaciona con la capacidad del bosque de mantener una cierta cantidad de biomasa por hectárea, la cual está en función de su heterogeneidad y está determinado por las condiciones del suelo y clima. Las plantas, tienen la capacidad de almacenar el CO₂ de la atmósfera, basado en el hecho de que durante la fotosíntesis se fija el carbono; que luego utilizan para generar el alimento necesario para su crecimiento. Se estima, que una hectárea de plantación, absorbe alrededor de 10 Mg de carbono por ha/año de la atmósfera, dependiendo de las condiciones del lugar (ARÉVALO et al., 2003).

a. Condición de Sitio

Los factores de sitio son las variables ambientales que determinan la calidad del terreno y el potencial productivo del sitio para un determinado cultivo, sea agrícola o forestal, pues permite estimar la productividad, por ejemplo, cantidad de biomasa. (Herrera y Alvarado, 1998).

Las características físicas y químicas del suelo de cada sitio también influyen en la tasa de regeneración del bosque. (Moran et al., 2000).

b. Edad de Vegetación

En México, bosques húmedos de 10 meses y de siete años de edad presentaron valores de biomasa acumulada de 5.3 Mg ha⁻¹ para la sucesión joven y 52.69 Mg ha⁻¹ para la de siete años. De manera general, la biomasa de hojas aumentó con la edad pero se encontró diferencias en cuanto a contribución de los diferentes componentes (hoja, ramas, fuste, raíces) en las dos etapas sucesionales con predominancia de biomasa de ramas y raíces en la sucesión de siete años de edad y de hojas en la de 10 meses de edad. (Linares, 1963).

1.3.18. ¿Por qué el énfasis en Carbono?

Desde la Convención del Cambio Climático en 1992, el enfoque central era permanecer dentro de límites ecológicos y estabilizar la concentración de gases del efecto invernadero para prevenir una peligrosa intervención antrópica en el clima. No sin controversia, desde 1990 el Grupo Consultivo sobre Gases de Invernadero de la Naciones Unidas (Legget et al., 1992) recomendaba "límites" donde se podía permanecer. Por ejemplo, si se rebasan estos límites y ocurre un aumento de más de 40 cm sobre el nivel del mar con referencia a 1990, podría traer como consecuencia la destrucción de muchas islas naciones o aumentar el daño causado por las tormentas (IPCC, 2001a). Desde entonces, se reconoce también que las dudas "científicas" sobre los efectos del calentamiento global han aumentado más que disminuido, pero que todo indica que si no se hacen correctivos para reducir emisiones se rebasarán los "límites ecológicos" (IPCC, 2001b).

Se debe tener en cuenta también que la mayor parte de la contribución al calentamiento global por los gases del efecto invernadero está atribuida al consumo de combustibles fósiles (66%) y la proporción al efecto de la deforestación es mucho menor (20%). Más aún, de la deforestación no se ha determinado la dinámica de esta emisión, ya que los sistemas naturales no son estáticos y recuperan el C liberado de acuerdo con el sistema que lo reemplaza.

1.3.19. Aspectos botánicos del Cacao.

El cacao es una especie originaria del Bosque Húmedo tropical (Bh-t) en América del Sur; debido al sistema de vida nómada que llevaron a los primeros pobladores del Continente americano, ha sido difícil establecer con exactitud el centro de origen del cacao. Geográficamente en el mundo las mayores áreas cacaoteras están concentradas en los 10° de latitud norte y sur de Ecuador, distribuidas en el Oeste Africano, América Latina y Sud Este de Asia. Sobre la base de estudios moleculares y argumentos paleográficos y geobotánicas, se propusieron 4 grupos o compuestos germoplásmicos naturales, con su correspondiente distribución geográfica como se señala a continuación:

Recientes estudios han revelado nuevos conocimientos sobre la taxonomía especiación, y dispersión geográfica del cacao. Mediante marcadores bioquímicos

y moleculares se ha confirmado la naturaleza híbrida del tipo Trinitario (Cruce Criollo x Forastero). A su vez se sugirió un origen sudamericano del cacao criollo. Las variedades de cacao Forastero que se denomina “Cacao común” o “Corriente” representan los mayores volúmenes de la producción mundial. Por otro lado las variedades de Cacao Criollo (Porcelana, Playa Alta, Cerro Azul) de América Central y Sur (Colombia y Venezuela) conjuntamente con las variedades del tipo Nacional (Var “Arriba”) del Ecuador y las variedades trinitarias son llamados “Cacaos finos”, “Superiores” o “Selectos” y representan una pequeña parte de la producción mundial. (IICA, 2006).

1.3.19.1. Condiciones de Clima y Suelo.

Temperatura

La temperatura es determinante en el desarrollo de cultivo del cacao:

- Crecimiento.
- Floración.
- Fructificación

El cultivo del cacao requiere las siguientes características:

La temperatura media anual debe estar alrededor 24-a 26° C y nunca pasar los 30° C, la

Temperatura media anual diaria no debe ser inferior a 15° C.

La oscilación diaria de la temperatura entre el día y la noche no debe ser inferior a 9 °C.

Precipitación

El cacao es una planta muy sensible a la falta de humedad en el suelo, por esto es importante una buena distribución de la precipitación durante el año; considerándose que el mínimo debe ser 100 mm/mes común precipitación anual entre 1200 a 2800 mm/año. Si la zona es demasiado lluviosa (1800ª 3000 mm/año) los suelos deben presentar un buen drenaje. La humedad relativa debe ser mayor al 70%. La distribución de lluvias determina la campaña cacaotera, la cual abarca 4

etapas: 1) Descanso, 2) Brotamiento, 3) Floración y 4) Cosecha. El ciclo no es continuo porque hay etapas que se superponen.

Humedad Relativa

Esta en relación directa con la distribución de las lluvias y debe ser mayor al 70 %. Un factor determinante que favorece el aumento de la humedad relativa y aumenta el ataque de plagas y enfermedades; es el manejo de la sombra permanente.

Luminosidad

Se considera que una intensidad lumínica menor del 50% del total de Luz limita los rendimientos mientras que una intensidad lumínica ligeramente superior al 50% del total de la luz lo incrementa.⁴⁴ En algunos países se reportan incrementos relativos del rendimiento, superiores al 180% después de haber suprimido la sombra permanente, complementándolo con labores agronómicas de fertilización en tenores altos, y la regulación de sistemas de riego.

Altitud

La altitud esta en relación directa con la temperatura a medida que aumenta la latitud disminuye la temperatura.

El rango óptimo de altura se encuentra en los 250-900 m.s.n.m. fuera de ese límite las plantas sufren alteraciones fisiológicas que afectan el potencial productivo lo que refleja en un menor rendimiento y baja rentabilidad para el productor.

Condiciones del suelo.

Los suelos más apropiados son los aluviales de textura franca: Los arcillosos – arenosos y los arena –arcillosas. Se ha observado una gran adaptabilidad a suelos en laderas con pendientes mayores a 25 % con manejo de coberturas establecidos a curvas de nivel. El pH varia entre 4.5 y 8.5; siendo el óptimo entre 5.5 a 6.5.

Características favorables del suelo, para el cultivo del cacao.

- Que no tengan rocas continuas ni formen terrones muy duros.
- Que tengan un buen drenaje o sean fáciles de drenar con la construcción de canales.
- Que no sean ni muy pesados o arcillosos ni demasiado arenosos.
- Que sean profundos de 1.5 de profundidad, ricos en materia orgánica y nutrientes minerales.

Características desfavorables en los suelos para el cultivo de Cacao.

- Perfil muy superficial
- Nivel freático alto 45
- Presencia de una capa dura
- Altas concentraciones del aluminio
- Erosión del suelo

Podas

La poda es la actividad que tiene como objetivos:

- Eliminar las partes poco productivas o innecesarias de los árboles para estimular el desarrollo de nuevos crecimientos vegetativos y equilibrarlos con los puntos productivos, para conseguir una planta bien conformada y una planta productiva.
- Eliminar chupones y ramas mal dirigidas.
- Controlar altura del árbol.
- Regular la entrada de luz a los estratos inferiores.
- Eliminar ramas que dificultan las labores agrícolas.
- Facilitar la visibilidad de las mazorcas, ya sea para cosechar o para removerlos frutos enfermos.

Una planta bien podada permite una mayor aireación y evita la acumulación de humedad creando condiciones desfavorables para el desarrollo de enfermedades de frutos, además refuerza la floración, el brotamiento y acelera la eliminación de infección latente de “escoba de bruja” en la planta.

Las podas deben realizarse después de la época de mayor cosecha, principalmente cuando el árbol entra en un corto reposo y cuando no existe predominio de sequía, caso contrario se tendría una gran cantidad de rebrotes y flores afectados seriamente por “escoba de bruja”.

Los cortes que se hacen durante la poda deben cubrirse con alguna pasta cicatrizante, o cúpricos con el objeto de evitar la entrada de enfermedades y plagas ,también puede cubrirse con pintura al óleo, no utilizar pintura esmalte ni aceite quemado pues estos materiales contienen plomo que es tóxico para la planta.

Los restos de poda dejados debajo del cacaotero deberán picarse lo mas pequeño posible para favorecer una mayor descomposición.

La poda es una práctica única y continua que se realiza desde su instalación en campo y durante toda la vida de la planta, se dan cuatro tipos de podas:

1-De formación o poda temprana que se hace en los primeros años del árbol;

2-De mantenimiento, con la poda se busca equilibrar el vigor de los árboles, a veces muy heterogéneo, debido a la diversidad genética de la mezcla de híbridos.

3-De Sanidad.

4-De rehabilitación ó renovación.

Poda de mantenimiento

Cuando la planta alcanza su etapa productiva (2-3años) los árboles deben ser sometidos a una poda ligera cada año manteniendo un buen arquetipo del árbol.

Esta consiste en eliminar ramas innecesarias, plantas parásitas, ramas rotas, colgantes enfermas, remoción de material enfermo, corte de ramas altas para que la copa quede a un altura promedio de 4 metros.

Se debe cortar todos los chupones que hayan crecido en el tronco y sobre las ramas primarias, esta poda por lo regular se debe hacer una o dos veces al año cuando el árbol entra en un corto reposo, principalmente después de la recolección de mayor cosecha en épocas definidas (julio-agosto).

La poda se efectúa de afuera hacia adentro de la copa y abajo hacia arriba cuidando el autosembramiento de las ramas productivas.

La cantidad de ramas que se elimina no debe ser drástica porque las mazorcas formadas en el árbol son alimentadas por las hojas y las podas muy fuertes alteraran la producción regular.

Un error muy común en los agricultores es podar severamente los árboles de cacao, eliminando inclusive ramas gruesas, exponiendo al sol directamente la corteza delicada de la planta, disminuyendo así el área de producción debido a que las mazorcas del cacao se obtiene en el tallo y en las ramas desarrolladas.

Los cortes deben ser liso y parejos, sin dejar tocones en los árboles y usando herramientas adecuadas (tijeras, serruchos) perfectamente afilados y no oxidados para no ocasionar desgarramiento de corteza.

La poda constituyendo un arte se necesita tener mucha paciencia, cuidado y destreza que se logra con la práctica.

Una planta bien podada permite dar suficiente luz, mayor aireación, estimula la floración estimula el brotamiento y evita la acumulación de humedad que es el factor favorable para la incidencia de líquenes algas y enfermedades.

Poda sanitaria

Los brotes terminales afectados por escoba de bruja deben cortarse a 20 cm. por debajo del inicio de hinchamiento del brote o punto de infección.

Para los chancros o gomosis en tronco, los tejidos enfermos deben ser sacados gradualmente con la ayuda de una herramienta de corte (tijera y cuchilla) hasta dejar la corteza y la madera del tronco libre de manchas rojizas. Evitar retirar la escoba y cojines florales a través de la quiebra manual, estos deben ser retirados con un poco de corteza del árbol.

Los frutos enfermos atacados por moniliasis deberán ser retirados manualmente. Es importante realizar esta práctica con la finalidad de preparar el árbol de cacao, para que brinde cada año una cosecha sana y abundante, esto se logra cuando se empieza a recolectar el material enfermo en época definidas y claves reduciendo de esta forma la fuente de inóculo.

Si los árboles están altamente atacados por “escoba de bruja” es recomendable eliminar primero las ramas afectadas y luego cortar el árbol totalmente la susceptibilidad, de una planta a la enfermedad es la principal fuente de inóculo.

Poda de rehabilitación.

Elimina las partes poco productivas, innecesarias, fuentes de inóculo de los árboles para estimular así el desarrollo de nuevo crecimiento vegetativo, y equilibrarlos con los puntos productivos, para conseguir una planta bien conformada y una planta productiva.

En el Departamento de San Martín; el 15% de agricultores ha recibido alguna tipo de asistencia técnica, siendo impartida dicha asistencia técnica por las siguientes instituciones: MINAG (12%), Tierra Nueva (11%), Acción Agraria (9%), y los Proyectos Especiales del INADE, ACOPAGRO y CARITAS (15%). El ámbito de trabajo de la Cooperativa ACOPAGRO en el Huallaga central abarca Picota, Saposo, Bellavista y Juanjuí. (Comisión Especial Multipartidaria Encargada de Evaluar la problemática de las Cuencas Cocaleras del Perú, 2004).

1.3.20. Aspectos Botánicos de la Palma Aceitera

- Clasificación y Descripción

La palma aceitera es una planta monocotiledónea, del orden Palmales, familia Palmáceas, y Género *Elaeis*. Es monoica, es decir que en una misma planta se producen las inflorescencias masculinas y femeninas.

La apariencia es la de un árbol esbelto, cuyo tallo llega a los 25 m. de altura y está coronado por hojas largas y arqueadas

- Sistema radicular

El sistema radicular de la Palma Aceitera es de forma fasciculada, con gran desarrollo de raíces primarias que parten del bulbo de la base del tallo en forma radial, en un ángulo de 45° respecto a la vertical, profundizando hasta unos 50 cm. en el suelo, su longitud varía desde 1 mt. hasta más de 15 mt. y por su consistencia y disposición aseguran el anclaje de la planta. Las raíces primarias casi no tienen capacidad de absorción.

Las raíces secundarias, de menor diámetro, son algo más absorbentes en la porción próxima a su inserción en las primarias, y tienen la particularidad de crecer en su mayoría hacia arriba, con su carga de raíces terciarias y cuaternarias, buscando el nivel próximo a la superficie del suelo, de donde la planta obtiene nutrientes. Este conocimiento es importante para la aplicación de los fertilizantes.

- **Tallo**

El tallo o tronco se desarrolla en 03 a 04 años, una vez que ha tenido lugar la mayor parte del crecimiento horizontal del sistema radicular. Luego de sembrada la Palma en campo definitivo, se inicia la formación de un órgano voluminoso en la base del tallo que es el bulbo, que origina el ensanchamiento en la base del tronco y sirve de asiento a la columna del tallo.

Al otro extremo del bulbo, en el ápice del tallo se encuentra la yema vegetativa o meristemo apical, que es el punto de crecimiento del tallo, de forma cónica enclavada en la corona de la Palma, y protegido por el tejido tierno de las hojas jóvenes que emergen de él, en número de 45 a 50. Las bases de inserción de los pecíolos que permanecen vivos por largo tiempo, forman gruesas escamas que dan al árbol su aspecto característico; al morir éstas, caen, dejando al tallo desnudo con un color oscuro, liso y adelgazado.

- **Hojas**

La Palma adulta tiene entre 30 y 49 hojas funcionales. Ellas están compuestas de un pecíolo de 1.5 mts. Aproximadamente con espinas laterales, luego del cual está el raquis, que soporta los 200 a 300 folíolos insertos en las caras laterales, donde se alternan hileras superiores e inferiores.

La distribución de las hojas indica que ellas están dispuestas en ocho espirales respecto del eje vertical. Conocer este ordenamiento permite identificar la ubicación de cada hoja, lo cual resulta indispensable tanto en la toma de muestras para los análisis foliares, como en el conteo de algunas plagas. A las hojas que han emergido, pero que no han abierto se les denomina flechas.

- **Inflorescencias masculina y femenina**

Por su condición de planta monoica, la Palma produce separadamente flores masculinas y femeninas sobre el mismo árbol.

Las flores masculinas tienen la función de proveer el polen necesario para fecundar a las femeninas; están compuestas de 100 a 160 espigas digitiformes, y cada una de ellas tiene entre 10 y 20 cm. de largo y de 700 a 1,200 flores, que en conjunto proveen entre 30 y 60 grs. de polen.

Las flores femeninas, pueden estar distribuidas hasta 110 espigas y alcanzar la cantidad de 4,000 flores aptas para ser polinizadas

- **Fruto y racimos**

Los frutos de la Palma son de forma ovoide de 03 a 06 cm. de largo, un peso aproximado de 05 a 12 grs y su coloración exterior varía de negro a rojo. Tiene la piel lisa y brillante (exocarpio), una pulpa o tejido fibroso que contiene las células con el aceite (mesocarpio), una nuez o semilla compuesta de grosor variable (endocarpio), y una almendra aceitosa o palmiste (endospermo).

Los frutos insertados en las espiguillas que rodean el raquis, conforman los racimos. Un racimo bien constituido sobrepasa los 25 Kgs. y contiene gran cantidad de frutos de buena conformación.

CLIMA

- **Precipitación**

En el cultivo de Palma Aceitera, la principal fuente de agua proviene de la lluvia o precipitación pluvial, la cual debe ser bien distribuida a lo largo del año.

En términos generales, se ha establecido que el requerimiento ideal de agua en el cultivo de Palma debe oscilar entre 2,000 y 2,500 mm. por año, lo cual implica que mensualmente se debería disponer por lo menos de 100 mm.

Un adecuado suministro de agua favorece el crecimiento, desarrollo y producción de la Palma Aceitera, desde que se germina la semilla, hasta que se cosecha el último racimo al finalizar la vida productiva de la planta.

- **Temperatura**

En lo referente a este parámetro, se acepta que la temperatura media anual óptima para la Palma, debe estar comprendida entre los 22 y 32°C. Este rango de temperatura coincide por lo general con las tierras de los trópicos húmedos localizadas a altitudes menores de 500 metros sobre el nivel del mar.

Las condiciones extremas, pueden causar complicaciones al desarrollo de la Palma; así tenemos, cuando se presentan “friajes”, hay un impacto de retardo en el crecimiento de la planta y en la maduración del fruto; y, cuando las temperaturas exceden los 38°C, con baja humedad relativa, puede darse el cierre de estomas y como consecuencia reducirse la fotosíntesis.

- **Brillo y Radiación Solar**

Las condiciones óptimas de energía radiante para una productividad igualmente óptima, están dadas por un brillo solar que exceda las 2,000 horas al año, equivalentes a cinco horas y media al día.

Se da una relación inversa entre el brillo solar y la precipitación sobre todo en lugares donde la mayor parte de ésta se produce de día.

En el Cuadro N°02, apreciamos las condiciones climáticas ideales, para el desarrollo del cultivo de Palma Aceitera.

CUADRO N° 02

Condiciones climáticas para el desarrollo del cultivo de palma aceitera

PARAMETRO	VALOR O RANGO IDEAL
Precipitación anual	2,000 a 2,500 mm
Precipitación mensual	Ningún mes inferior a 100 mm
Déficit de agua anual	Menos de 200 mm
Brillo Solar	Más de 2,000 horas/año
	(más de 5,5 horas/día)
Temperatura media	Temperatura media
Humedad relativa	Humedad relativa

SUELOS

El grado de rusticidad de la Palma Aceitera, permite a ésta especie la adaptación a una amplia gama de condiciones agras ecológicas con diversidad de suelos, dentro del marco ambiental del trópico húmedo.

- Características físicas y químicas

Dentro de las características físicas del suelo, las más importantes pueden ser consideradas la textura y el drenaje. Los suelos óptimos para el cultivo de la Palma Aceitera, son los de textura franco-arcillosa. En los suelos ligeros, de textura arenosa a franco-arenosa, se presentan problemas de lavado y lixiviación de nutrientes, además de no brindar un medio suficientemente consistente para el soporte de la planta. Los suelos pesados, de textura arcillosa, presentan limitaciones para su manejo, tanto en cuanto a la dificultad para drenarlos, como por la facilidad con que se compactan.

En suelos poco profundos como los que caracterizan a los de la selva peruana, se debe tener especial cuidado en la preparación mecanizada del terreno, para no perturbar ni vulnerar el manto superficial, recomendándose el empleo de implementos como las hojas tipo “KG” (tiene una punta cortante), y no el uso del “bull-dozer” que arrastra la delgada capa agrícola hacia los apiles.

Respecto a los factores químicos, los suelos deben ser ligeramente ácidos, ricos en materia orgánica, y con buen contenido de elementos primarios (N, P y K), elementos secundarios (Ca y Mg); así como, microelementos (B, Cl, Zn u otros).

Un problema presente en los suelos marcadamente ácidos de nuestra selva, es el alto nivel de aluminio intercambiable, que disminuye el pH del suelo e incrementa las concentraciones de Fe y Mn, que pueden llegar niveles tóxicos para el sistema radicular de la planta.

- Fisiografía y drenaje

La fisiografía es un factor determinante en la elección del terreno. Los terrenos con pendientes pronunciadas representan mayores costos en siembra, cosecha, vías de

transporte y en mantenimiento en general, por lo que deben preferirse los terrenos de topografía plana o de pendientes ligeras. La topografía está muy relacionada con la escorrentía superficial del agua; así como, la textura del suelo está en relación con el movimiento del agua al interior del mismo.

Antes de la siembra, es necesario asegurar un sistema de drenaje que permita la evacuación de los excesos de agua de la lluvia que se empozan en las depresiones del terreno, mediante la limpieza de los caños naturales y las obras manuales de drenaje. Estas obras sencillas conformarán los colectores principales del área sembrada y recibirán las aguas de los drenes artificiales que sea necesario construir.

En resumen, los suelos óptimos para el cultivo de la Palma Aceitera, son los profundos con buen drenaje, de textura ligeramente arcillosa, de preferencia con buen contenido de materia orgánica, con topografía de plana a ligeramente ondulada y con un nivel de fertilidad de medio a alto.

1.3.21. Aspectos botánicos de la Bolaina

- Distribución y hábitat

La especie bolaina blanca tiene distribución muy amplia en el Neotrópico, desde Centroamérica a la región Amazónica, hasta el sur de Brasil, Bolivia y Perú, mayormente hasta los 1500 msnm. Es característico de suelos Ultisol, Entisol, Inceptisol y pH de extremada a ligeramente ácido. La especie abunda en la Amazonía Peruana (REYNEL et al., 2003).

Se le observa en ámbitos con pluviosidad elevada y constante, pero también en zonas con una estación seca marcada. Es una especie heliófita, pionera de rápido crecimiento, característica de la vegetación secundaria temprana, muy abundante en la cercanía a caminos y zonas con alteración antropogénica. Suele presentarse en suelos limosos a arenosos, muchas veces de escasa fertilidad, a veces pedregosos; no tolera el anegamiento, sobre todo cuando es una plántula (REYNEL et al., 2003). La especie en el Perú se encuentra en los departamentos de Loreto, Amazonas, Ucayali, Huánuco, San Martín, Madre de Dios, Junín y Cerro de Pasco, entre 0 y 1,000 msnm. Se encuentran generalmente en bosques secundarios y a orillas de los ríos, a veces formando rodales naturales homogéneos (INIA – OIMT, 1996). La especie se ubica dentro de las zonas ecológicas bosque húmedo pre montano (bh-PM) y bosque muy húmedo subtropical (bmh-ST). Su rango

ecológico soporta precipitaciones de 1800 a 2500 mm, temperatura media anual de 25°C (AROSTEGUI, 1990).

- **Fenología**

Según REYNEL et al., (2003), menciona que la floración de G. crinita se inicia frecuentemente durante la estación seca, entre los meses de julio a setiembre, finalizando con la fructificación entre los meses de octubre a diciembre para la zona de Chanchamayo; coincidiendo con lo indicado con PALOMINO y BARRA (2003) en el (Cuadro 1), para algunas zonas de la Selva Central. Además, el calendario fenológico de bolaina blanca para la zona de Alexander Von Humboldt del INIA, distrito Irazola (a 86 km al oeste de la ciudad de Pucallpa), define que la floración ocurre entre la quincena de mayo a julio; la fructificación en la época seca, entre junio a agosto; la maduración entre agosto a setiembre y la diseminación de las semillas entre octubre a noviembre (FLORES, 1997).

CUADRO N° 03. Fenología de “bolaina blanca” en 4 distritos de la selva peruana.

Período	Distritos			
	Oxapampa	Palcazú	Chanchamayo	Irazola
Floración	-	Jun – Ago	Jul – Set	May – Jul
Fructificación	-	Ago – Set	Oct – Dic	Jun – Ago
Maduración	-	Set – Oct	-	Ago – Set
Diseminación	Set – Nov	Oct – Dic	-	Oct – Nov

Fuente: Palomino y Barra, Selva Central – Perú, 2003, Reynel et al., 2003 y Flores, 1997.

- **Usos.**

La madera es de buena calidad, aunque blanda y liviana, de color blanco en la albura y marrón muy pálido en el duramen cuando seca, con grano recto y textura media (INIA-OIMT, 1996). Tiene buena durabilidad, se le usa en carpintería, elaboración de utensilios pequeños como paletas de chupetes, mondadientes, palos de fósforos y artesanía; en años recientes se le usa crecientemente en la industria de los tableros contrachapados. La corteza interna fibrosa es empleada localmente como material de amarre (REYNEL et al., 2003).

- **La propagación asexual o vegetativa**

La propagación vegetativa comprende división celular mitótica, vale decir que es aquella donde se produce una replicación del material genético (o del sistema cromosómico) y del citoplasma de la célula madre a las dos células hijas. Esta condición origina, posteriormente, crecimiento y diferenciación de tejidos somáticos (HARTMANN y KESTER, 1990). Luego las plantas propagadas vegetativamente reproducen, por medio de la replicación del ADN, toda la información genética de la planta madre, por lo que las características de la planta individual se mantienen a través del tiempo en la propagación asexual o vegetativa (CABELLO, 2000).

Implica la reproducción a partir de partes o secciones vegetativas de las plantas, tales como tejidos u órganos del cuerpo vegetativo (hojas, tallos y raíces), y es posible ya que los órganos vegetativos de muchas plantas tienen la capacidad de reproducirse (HARTMANN y KESTER, 1990). Más específicamente, es posible porque cada célula que compone la planta contiene la información genética necesaria para generar otro individuo de similares características al del original, denominado clon (KAINS y MCQUESTEN et al., 1938).

Sin embargo, en algunos casos no se aprecian las características fenotípicas del individuo original, debido a que el nuevo individuo puede ser influenciado por la variación ambiental (ZOBEL y TALBERT, 1988), pero si es claro que el nuevo individuo es genéticamente idéntico al original. Una de las características más significativas de la clonación se refiere a cómo todos los descendientes del clon tienen el mismo genotipo básico, la población tiende a ser fenotípicamente muy uniforme.

Por lo general, toda la progenie de un clon tiene el mismo aspecto, tamaño, época de floración, época de maduración, haciendo con ello posible la estandarización de la producción y otros usos del cultivar (HARTMANN y KESTER, 1990). La propagación vegetativa se ha convertido en una de las herramientas principales del mejorador forestal. Tradicionalmente ha sido utilizado en silvicultura para la multiplicación de individuos sobresalientes y su inclusión en huertos semilleros clonales, aunque en las últimas décadas se ha extendido su aplicación hacia la

conservación de genotipos valiosos en bancos clonales y para el establecimiento de plantaciones operacionales (MESÉN y VÍQUEZ, 2003).

- **Propagación vegetativa por injertos**

La injertación es un método que consiste en juntar partes de plantas, de tal manera que se unan y continúen su crecimiento con una sola planta. La parte de la combinación que va a sustituirse en la parte superior de la nueva planta se le llama “púa”, “aguja” o “vareta”, y a la parte que va a constituir la porción baja o raíz se le llama “patrón”, “pie” o “porta injerto” (HARTMANN y KESTER, 1990).

La porción injertada se desarrolla gracias al suministro de alimentos por parte del sistema radicular del patrón, cuando esto sucede se dice que el injerto a soldado o prendido, es decir, entre los tejidos del patrón y el injerto, se ha establecido una continuidad perfecta, que permite la libre circulación de la savia y el desarrollo de la yema del injerto (HARTING, 1975).

El injerto es la unión del tallo o raíz con otro tejido similar, con el que se establezca la continuidad en los flujos de savia bruta y savia elaborada, entre receptor y el injerto. El tallo injertado forma un tejido de cicatrización junto con el tallo receptor y queda perfectamente unido a él pudiendo reiniciar su crecimiento y producir hojas, ramas y flores (Cueva, 2006, citado por HIDALGO, 2009).

El injerto es el método de propagación más utilizado, por que presenta la ventaja de obtener en menor tiempo la fructificación, al injertar yemas ortogenéticamente maduras sobre una planta ya desarrollada. Pudiendo también ser utilizado para obtener nuevas variedades, lograr estructuras vegetativas fuertes y vigorizar arboles que son de gran importancia genética y que se encuentren enfermos o dañados por insectos (ROJAS et al., 2004).

El injerto es un medio de la clonación en la propagación vegetativa de las especies forestales y frutales, especialmente en las especies que son difíciles de enraizamiento, incluso cuando se trata de reducir el tamaño del árbol para facilitar la recolección de frutas, la inducción de la resistencia a plagas y enfermedades, y la velocidad de la producción de frutas (KALIL FILHO et al., 2001). Por lo tanto, en el caso de “bolaina blanca”, la injertación influiría sobre tres características

principales, producir semillas precozmente (2 a 3 años); facilitar la cosecha de semillas con árboles vigorosos de porte bajo; y lograr arboles que produzcan semilla mejorada (Hartmann y Kester, 1990, citado por PAREDES y SOUDRE, 2009).

- **Factores a considerar para su crecimiento**

Temperatura

Tiene un efecto marcado sobre la formación del tejido de callo; los rangos óptimos de temperatura son de 20 – 29°C, cuando es mayor de 29°C se obtiene abundante producción de callo de tipo suave que se daña fácilmente (al plantar en campo) y cuando es menos de 20°C la producción de callo es lenta y por debajo de 15°C no existe (CAMACHO y FERNÁNDEZ, 1997). La temperatura en el factor ambiental determinante en la rapidez de formación del callo, la temperatura ideal, que condiciona la formación positiva la rapidez de soldadura y aumenta la posibilidad de éxito del injerto, está comprendida entre 20 y 25°C (HARTMANN y KESTER, 1990).

Sombra

Una vez hechos los injertos se colocan bajo media sombra (malla serán 50%) para darles el cuidado necesario (RAMÍREZ, 2005). Es necesario proporcionar sombra al área de propagación para reducir la intensidad lumínica y las altas temperaturas (malla serán 50 a 70%) (MESÉN, 1998).

Humedad

Una vez hechos los injertos se colocan bajo media sombra (malla serán 50%) para darles el cuidado necesario (RAMÍREZ, 2005). Es necesario proporcionar sombra al área de propagación para reducir la intensidad lumínica y las altas temperaturas (malla serán 50 a 70%) (MESÉN, 1998).

Oxígeno

Dado la continua división y su posterior crecimiento supone una gran tasa de respiración, el oxígeno será imprescindible para que se pueda realizar la unión del injerto (CAMACHO y FERNÁNDEZ, 1997). De igual forma (HARTMANN y KESTER, 1990) indican para la producción de tejido callo es necesaria la presencia de oxígeno en una unión de injertos, esto es de esperarse ya que la división y el crecimiento rápido de las células van acompañados de una respiración relativamente elevada, la cual requiere oxígeno. Para algunas plantas, es suficiente una cantidad de oxígeno menor a la que hay presente naturalmente en el aire, pero en otras resulta mejor si la unión de injerto se deja sin encerrar pero se coloca en un medio bien humedecido, esto indicaría que dichas plantas tienen una mayor demanda de oxígeno para la formación de callo (HARTMANN y KESTER, 1990).

1.3.22. Modelos Alométricos para la Estimación de biomasa

Un modelo alométrico es una relación matemática entre una variable independiente y una dependiente. La primera puede ser estimada a partir de métodos destructivos (peso de componentes de individuos) o a partir de parámetros biométricos estimados en campo directamente (Dap, altura, densidad básica). A partir de estos datos, se puede establecer el grado de relación entre ésta y alguna variable derivada como biomasa. La ventaja plausible de la técnica es que las prácticas destructivas se realizan una sola vez y a partir de estas ecuaciones generadas, se puede estimar la variable independiente basándose en datos de inventarios forestales. Las desventajas giran en torno a que: las ecuaciones son basadas en un mínimo grupo de individuos o especies; no se puede generalizar una ecuación estimada a otro tipo de vegetación (bosque primario a secundario); y aún cuando la ecuación fue desarrollada para bosques secundarios, su aplicación es restringida para los árboles con parámetros de medición directa en campo (BROWN y LUGO 1982).

1.3.23. Bases Teóricas

a. Descripción de la Especie de “Palma Aceitera” (*Elaeis guinensis* Jacq.)

De la biomasa al carbono

Para medir la biomasa de una palma, lo más sencillo es pesar toda la palma y expresarla en base seca, pero por su tamaño hay dificultades de hacer este tipo de medición. La alternativa es estimar la biomasa mediante la fórmula:

$$Biomasa (W) = Volumen(V) * Densidad (D)$$

De esta forma, si se asume que la palma es un cilindro perfecto, se estima la biomasa conociendo el radio (r) de la palma o su diámetro (d=2r), su longitud (L) y su densidad:

$$W = \pi r^2 L * D$$

Es decir, se asume un área promedio ($A_m = \pi r^2$).

Pero, para mayor precisión, se puede subdividir la palma en secciones más uniformes (L) (Hassan et al., 1977). Por ejemplo, si de una palma se obtienen seis cortes o trozas de igual longitud pero de áreas medias diferentes (A), uno de la parte baja (A_l), cuatro de la parte media (A_m) y uno de la parte alta (A_s), entonces:

$$W = \frac{(A_l + 4A_m + A_s)}{6L * D}$$

También se puede asumir que cada sección es diferente y tiene forma de cono truncado, es decir que el diámetro de la base inferior es diferente al de la base superior (Hassan et al., 1977).

$$W = ((d_1 + d_2) - (d_1 * d_2))L * D$$

Dónde:

d1= diámetro mayor

d2= diámetro menor

De manera alternativa se pueden utilizar correlaciones alométricas con base en la longitud del tallo expresada en metros, centímetros u otro factor de correlación como la reflectividad de la radiación sobre la base de imágenes satelitales. Algunos ejemplos de estas correlaciones son:

$$W = 6.4 * L \text{ (m)} + 10 * D \text{ Brown, 1997}$$

$$W = 725 + 197 L * D \text{ Khalid et al., 2000}$$

$$W = 0,3747 * L \text{ (cm)} + 3,6334 \text{ Thenkabil et al., 2002}$$

$$W = 0,0046 e^{10,814 * NDV143} \text{ Thenkabil et al., 2002}$$

Estos estimados de biomasa del tallo de la palma, provenientes de diferentes materiales genéticos y evaluados a distintas edades y condiciones de clima, suelo y manejo agronómico necesitan ser homologados o estandarizarlos a la edad de máxima acumulación. Para esto se asume que en Colombia las palmas sobre el suelo:

- Tienen un largo total de 12 metros
- No aumentan el diámetro del estípite
- Aumentan su densidad para ganar soporte estructural
- La densidad del estípite varía: es mayor en la periferia que en el centro
- La biomasa de la copa: el raquis, el pecíolo y las hojas no varían después de los ocho años de edad
- La vegetación total en el sistema en una hectárea tiene que ser estimada. Esto incluye la parte viva y la parte muerta de la vegetación.

En el Cuadro 1 se presentan los cálculos y correcciones realizadas en los diferentes datos proporcionados en las referencias bibliográficas para determinar la biomasa de una palma viva a la edad de 25 años que tiene las siguientes características:

- La densidad de siembra es de 143 palmas por hectárea (Bernal, 2001).
- Si no se reporta la copa se estima como equivalente al 65% del tallo (Copa = Tallo * 0,65) (Brown, 1997).
- El tallo en la parte superior tiene una densidad menor que la densidad del estípite en las partes inferiores.

En el Cuadro 2 se presenta un resumen de los estimados encontrados para una palma viva. De acuerdo con el método de cálculo empleado, los estimados varían en más de 35 t ha⁻¹.

Además de la palma viva, en la porción aérea de una hectárea, la biomasa viva consta de hierbas espontáneas y coberturas de leguminosas o cualquier otra vegetación establecida y la parte muerta de hojarasca de palma y hojarasca de hierbas y de la cobertura. En la porción subterránea, la biomasa viva está compuesta de las raíces a una profundidad determinada (0,5 m de profundidad, por ejemplo, si es donde está la mayor exploración radical) y la biomasa muerta de la materia orgánica del suelo (MOS). La Cuadro 3 presenta los rangos de estimados en una hectárea de palma.

CUADRO N°04: Cálculos y correcciones realizadas en los diferentes datos proporcionados en las referencias bibliográficas para determinar la biomasa de una palma viva a la edad de 25 años

Diferentes fórmulas	Diámetro cm	Largo m	Vol/palma m ³	kg/tronco kg	tronco/ha t ha ⁻¹	copa/ha t ha ⁻¹	C total t ha ⁻¹	Detalles	Referencia
								D= 0.40,	
1- $W = \pi r^2 L \cdot D$	0.4	12	1.51	603.19	86.26	56.07	71.16	Copa=0.65 * T	Brown, 1997
2- $W = 10 + 0.4 \cdot L$		12					48.4		Brown, 1997
3- Suma de varios cortes									Hassan <i>et al.</i> , 1977
Base del estípote	0.76	1.00	0.46	128.13	18.32		9.16	% M.S. 27.95	
parte baja	0.48	3.00	0.53	149.21	21.34		10.67	% M.S. 27.95	
parte media	0.42	3.00	0.41	100.49	14.37		7.19	% M.S. 24.41	
parte alta	0.39	2.16	0.26	51.82	7.41		3.71	% M.S. 19.88	
Suma			9.16		61.44		30.72		
para 12 m	0.39	2.87	0.35	68.96	9.86		4.93		
Total calculado		12.03			71.30	46.35	58.82	% M.S. 19.88	
4- Volumen de trozos									Tiong <i>et al.</i> , 1991
21 años	5.30	1.90	1.60	640.80	91.63		45.82	D= 0.40	
27 años	5.50	1.90	1.36	544.40	77.85		38.92		
promedio de 25 años	5.40	1.90	1.48	592.60	84.74		42.37		
para 12 m	0.39	1.74	0.21	41.75	5.97		2.98	% M.S. 19.88	
Suma total		12.00			90.71	58.96	74.84		
5- Palma de 23 años	0.42	7.48	1.04	310.89	44.46			dap y D estimados	Khalid <i>et al.</i> , 2000
para 12 m	0.39	4.52	0.55	108.45	15.51				
					59.97	25.77	42.87	para 143 palmas/a	
6- $W = 0.3747 L + 3.6334$		9.30		352.10	50.35		25.18		Thenkabil <i>et al.</i> , 2002
para 12 m	12.00		453.27	64.82		32.41		no contiene copa	
7- Palma de 12 años	7.50		137.6	19.68				copa=0.5	Rodríguez <i>et al.</i> , 2000
más estimado para 12 m	0.42	2.00	0.28	83.13	11.89				
para 12 m	0.39	2.50	0.30	59.98	8.58			% MS	
		12.00		40.14	16.37	31.21			

Con contenidos de C estimados entre 80 y 143 t C/ha, la comparación con otros sistemas de uso de la tierra (SUT) se presenta en la Cuadro 4. De esta forma y en comparación por la captura de C, una hectárea de palma se parece mucho a un sistema agroforestal (SAF). Empezando de una sabana o pastura, las ganancias netas en captura de C son altas (Cuadro 4). En comparación con un SAF, simple o complejo, como el sistema de referencia, un cultivo de palma ya cumple o sobrepasa esta captura de C.

Tradicionalmente se ha considerado un cultivo de palma como un monocultivo, pero con los esfuerzos realizados en los últimos años en los programas de manejo integrado de plagas, este “monocultivo” se ha convertido en un “sistema asociado de palma”, con coberturas permanentes de leguminosas y uso de plantas nectaríferas, arvenses establecidas o espontáneas, no muy diferente a un SAF simple. Asimismo, el sistema de palma se ha integrado a la parte industrial para establecer ciclos cada vez más cerrados de nutrientes, con el uso de tusas y lodos, evitando fuentes potenciales de contaminación y reduciendo el uso de fertilizantes. Con un alto potencial de captura de C y alta productividad económica, bastaría un cambio de actitud para pasar de ser un monocultivo a ser considerado como un sistema agroforestal y capitalizar en términos económicos y ecológicos la captura de C.

Como un SAF, en el sentido ambientalmente amigable, la palma de aceite tiene la capacidad de atender las necesidades de grandes, medianos y pequeños agricultores. En la Costa Pacífica colombiana por ejemplo, donde la protección del bosque natural es una prioridad internacional, la alternativa del SAF palma de aceite para los pequeños agricultores se puede convertir en una atractiva alternativa a la explotación de bosques secundarios degradados. De esta forma es posible armonizar el desarrollo económico con la protección ambiental.

CUADRO N°05: Resumen de los estimados encontrados para una palma viva

Referencia	Estimados de captura		
	Bajo	Medio	Alto
	(T C / Ha)		
Corley <i>et al.</i> , 1971 *	35.34		
Thinker y Smilde, 1963	40.58		
Thenkabil <i>et al.</i> , 2002	32.41		
Rodríguez <i>et al.</i> , 2000	31.21		
Henson, 1993	29.01		
Khalid <i>et al.</i> , 2000		43.41	
Brown, 1997		44.48	
Brown, 1997		48.40	
Hassan <i>et al.</i> , 1977 (Huber)		54.15	
Hassan <i>et al.</i> , 1977 (Newton)		56.32	
Brown, 1997			71.16
Tiong <i>et al.</i> , 1991			74.84
Poh <i>et al.</i> , 1991			70.13
Promedio	33.71	49.35	70.28

* Citado por Corley, y Thinker, 2002.

CUADRO N° 06: Rangos de estimados en una hectárea de palma

Contenido de C	Mínimo	Máximo T C/ha
Parte aérea		
Tronco (estípites+copa) + bases peciolares	35	65
Sotobosque	1	6
Hojarasca	1	2
Suelo		
Raíces	5	10 ?
MOS*	40	60 ?
Total estimado	80	143

* MOS estimado a 50 cm de profundidad.

Aún no existe una infraestructura económica ni una política administrativa para aprovechar la captura de C lograda en los 25 años de acumulación de C de la palma. Es necesario realizar esfuerzos de investigación y desarrollo con otras industrias, si se quiere maximizar el potencial beneficio de la palma de aceite, ya que devolver la biomasa acumulada por su valor como fertilizante en forma de potasio o nitrógeno, minimiza el efecto potencial que podría tener el aprovechamiento de este material en la industria y sobre los efectos ambientales. Existen en la literatura múltiples ejemplos de la utilización de los estípites de la palma que aún no representan a la agroindustria un beneficio económico adicional importante (veáse entre otros potenciales de uso industrial Roslan et al., 1991; Poh et al., 1991).

CUADRO N° 07: Comparación con otros sistemas de uso de la tierra (SUT)

SUT	Duración (años)	Diferencia entre				
		Carbon Stocks			Carbon Stocks	
		Bajo	Modal	Alto (t C ha ⁻¹)	Bosque	Pastura
Bosque						
primario/secundario	?	192	230	276	-	-201
Cultivo barbecho	4	32	34	36	-196	+5
Sist. AF complejo	25 - 40	65	85	118	-145	+56
Sist. AF simple	15	65	74	92	-156	+61
Palma de aceite	25 - 30	80	100	120	-130	+70

* Adaptado de IPCC, Special Report on Emission Scenarios, 2000.

1.3.24. Definición de Términos

En el presente trabajo de investigación se nombraran continuamente los siguientes términos:

Biomasa.- La biomasa es toda sustancia orgánica renovable de origen animal y vegetal. La energía de la biomasa proviene de la energía que almacenan los seres vivos. En primer lugar, los vegetales al realizar la fotosíntesis, utilizan la energía del sol para formar sustancias orgánicas. Después los animales incorporan y transforman esa energía al alimentarse de las plantas. Los productos de dicha transformación, que se consideran residuos, pueden ser utilizados como recurso energético. (<http://es.wikipedia.org>)

Bonos de Carbono.- Es un mecanismo internacional de descontaminación para reducir las emisiones contaminantes hacia el ambiente y es uno de los tres mecanismos propuestos en el Protocolo de Kyoto para la reducción de emisiones causantes del calentamiento global o efecto invernadero (gases de efecto invernadero-GEI). Este sistema ofrece incentivos económicos para que empresas privadas contribuyan a la mejora de la calidad ambiental y se consiga regular la emisión que generan por sus procesos productivos, teniendo en cuenta el derecho a emitir CO₂ como un bien canjeable y con un precio establecido en el mercado. (<http://es.wikipedia.org>)

Cambio Climático.- Es la modificación del clima con respecto al historial climático a una escala global o regional. Tales cambios se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos en los parámetros climáticos como son: temperatura, precipitaciones, nubosidad, etc. Todo ello debido tanto a causas naturales como antropogénicas. El término suele usarse de forma poco apropiada, para hacer referencia tan sólo a los cambios climáticos que suceden en el presente, utilizándolo como sinónimo de calentamiento global. En tal sentido la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático usa el término cambio climático sólo para referirse al cambio por causas humanas. (<http://es.wikipedia.org>)

Captura de Carbono.- Es la extracción y almacenamiento de carbono de la atmósfera en sumideros de carbono esto pueden ser: los bosques, los océanos o la tierra, a través de un proceso físico o biológico como la fotosíntesis. (<http://es.wikipedia.org>)

Carbono.- Elemento químico cuyo símbolo es la letra “C”, con número atómico 6 y peso atómico 12,0111. Se encuentra libre en la naturaleza, cristalizado (diamante, grafito) o amorfo (carbonos minerales). La capacidad de los átomos de carbono de unirse entre sí forman compuestos de elevado peso molecular, fundamentales en los procesos vitales, que es la base para la existencia de la vida. (<http://es.wikipedia.org>)

Ciclo.- Proceso natural en el que los elementos circulan continuamente bajo distintas formas entre distintos compartimentos del ambiente (por ejemplo el agua, el aire, el suelo, los organismos). Algunos ejemplos de ciclos son: del carbono, del nitrógeno, del oxígeno, del agua, etc. (<http://es.wikipedia.org>)

Ciclo del Carbono.- El ciclo del carbono es el sistema de las transformaciones químicas de compuestos que contienen carbono en los intercambios entre biosfera, atmósfera, hidrosfera y litosfera. Es un ciclo biogeoquímico de gran importancia para la regulación del clima de la Tierra, y en él se ven implicadas actividades básicas para el sostenimiento de la vida. (<http://es.wikipedia.org>)

Contenido de Humedad.- Es la cantidad de agua que posee una pieza de madera en el momento de ser extraído. (<http://es.wikipedia.org>)

Diámetro.- Es la longitud que existe entre dos puntos de una circunferencia que pasa por el centro del mismo el cual divide a esta en dos partes constantes llamadas radio. (<http://es.wikipedia.org>)

Dióxido de carbono (CO₂).- Es un gas incoloro, denso y poco reactivo, conformado por un átomo de carbono y dos de oxígeno. Que forma parte de la composición de la tropósfera (capa de la atmósfera más próxima a la Tierra) actualmente en una proporción de 350 ppm (partes por millón), cuyo ciclo en la naturaleza está vinculado al del oxígeno. (<http://es.wikipedia.org>)

Ecosistemas.- Es un sistema natural de comunidades de plantas, animales y microorganismos (biocenosis) y su ambiente no vivo (biotopo), que interactúan como una unidad funcional. (<http://es.wikipedia.org>)

Ecuación Alométrica.- La ecuación alométrica es una fórmula aproximada, simplificada. Su principio es una expresión de interdependencia, organización y armonización de procesos fisiológicos. (<http://es.wikipedia.org>)

Emisión.- Es todo aquel fluido gaseoso, puro o con sustancias en suspensión; así como toda forma de energía radioactiva, electromagnética o sonora, que provengan como residuos o productos de la actividad humana. (<http://es.wikipedia.org>)

Fotosíntesis.- Es un proceso mediante el cual las plantas verdes sintetizan sustancias complejas, ricas en energía, a partir del dióxido de carbono, agua y pequeñas cantidades de determinados minerales, aprovechando la energía de la luz solar, absorbida por la clorofila. Gracias a la fotosíntesis se sintetizan anualmente unas 3×10^{11} toneladas de glucosa sobre la tierra a partir de unas 4×10^{11} toneladas de dióxido de carbono. (<http://es.wikipedia.org>)

Gases de Efecto Invernadero.- Son gases de efecto invernadero (GEI) aquellos compuestos químicos cuya presencia en la atmósfera contribuye al efecto invernadero. Los más importantes están presentes en la atmósfera de manera natural, aunque su concentración puede verse cambiada por la actividad humana, pero también entran en este concepto algunos gases artificiales, producto de la industria. Entre los cuales tenemos al vapor de agua (H_2O), al dióxido de carbono (CO_2), al metano (CH_4), a los óxidos de nitrógeno (NO_x), al ozono (O_3), y los clorofluorocarbonos (artificiales). (<http://es.wikipedia.org>)

Gigatonelada (Gt).- Es una unidad de medida que representa a mil millones toneladas; una Gigatonelada de Carbono equivale a 1 peta gramo de Carbono (1PgC), que a su vez es equivalente a 3.67 Gt de CO_2 . (<http://es.wikipedia.org>)

Inventario forestal.- El inventario forestal es determinado como la tabulación confiable y satisfactoria de información de los árboles, relativa a una determinada área de bosque de acuerdo a un fin previsto. Es decir es el conjunto de procedimientos destinado a proveer información cualitativa y cuantitativa de un bosque, incluyendo algunas características del terreno en donde el mismo crece, y así determinar el estado actual de un bosque. (<http://es.wikipedia.org>)

Modelo Alométrico de Biomasa. - Es una herramienta matemática que permite conocer de forma simple, la cantidad de biomasa de un árbol por medio de la medición de otras variables. Las ecuaciones son generadas a partir de los análisis de regresión, donde se estudian las relaciones entre la biomasa (peso seco) de los árboles y sus datos dimensionales (ej. altura, diámetro, densidad). Dependiendo del número de variables independientes la ecuación puede ser una regresión lineal simple, regresión lineal múltiple (más de dos variables, ej. DAP, altura total, etc.). Dependiendo de las circunstancias las ecuaciones pueden ser lineales o no lineales. (<http://es.wikipedia.org>)

Necromasa. - Se refiere a hojarasca, ramas, corteza y leños que se encuentran en proceso de descomposición. (<http://es.wikipedia.org>)

Secuestro de Carbono. - Servicio ambiental basado en la capacidad de los árboles para absorber y almacenar el carbono atmosférico en forma de biomasa. Cuyos niveles de absorción pueden ser mejorados de acuerdo al manejo adecuado de los ecosistemas forestales. (<http://es.wikipedia.org>)

Stock de Carbono. - Es la cantidad de carbono contenida en una fuente, es decir un embalse o un sistema que tiene la capacidad de acumular o liberar el carbono. (<http://es.wikipedia.org>)

Sumidero de Carbono. - Es un depósito natural o artificial de carbono, que absorbe el carbono de la atmósfera y contribuye a reducir la cantidad de CO₂ del aire. Los principales sumideros eran los procesos biológicos de producción de carbón, petróleo, gas natural, los hidratos de metano y las rocas calizas. Hoy día son los océanos, y ciertos medios vegetales (bosques en formación). (<http://es.wikipedia.org>)

Variable. - Objeto, proceso o característica que está presente, o supuestamente presente, en el fenómeno que un científico quiere estudiar. Los objetos, procesos o características reciben el nombre de variables en la medida en que su modificación provoca una modificación en otro objeto, proceso o característica. (<http://es.wikipedia.org>)

1.4. VARIABLES

Se considera a la siguiente relación:

$$Y = f(X_i)$$

1.4.1. Variable Dependiente (Y)

Y = Captura de carbono

1.4.2. Variables Independientes (Xi)

X_1 = Cultivo de Cacao

X_2 = Cultivo Palma Aceitera

X_3 = Cultivo Especie Forestal (Bolaina blanca)

1.5. HIPOTESIS

Existe captura significativa de carbono en los cultivos de cacao, palma aceitera y especie forestal (Bolaina) de la empresa Palmas de Shanusi S.A – Pampa Hermosa – Yurimaguas.

CAPITULO II

MARCO METODOLOGICO

2.1. TIPO DE INVESTIGACION

2.1.1. De acuerdo a la Orientación

Básica.

2.1.2. De acuerdo a la Técnica de Contrastación

Descriptiva.

2.2. DISEÑO DE INVESTIGACION

Se utilizó un diseño Maestral, con 03 parcelas, divididas en sub-parcelas de (6 de 5m x100m y 3 de 4x25m), con un total de 9 Sub- parcelas, utilizando el parámetro estadísticas de la Media, para realizar los análisis según los objetivos trazados.

P1: “Palma Aceitera” (*Elaeis guinensis*)

P2: “Cacao” (*Theobroma cacao*)

P3: “Bolaina” (*Guazuma crinita*)

Donde el modelo estadístico:

$$\overline{X} = \Sigma Xi/n$$

Dónde:

\overline{X} = Media.

ΣXi = Suma de datos de campo

n = Número de datos

2.3. POBLACION Y MUESTRA

2.3.1. Población

El área de estudio comprende de 8850 has, y se encuentra ubicada en el departamento de Loreto, Provincia de Alto Amazonas, distrito de Yurimaguas. En el predio de Shanusi de Palmas del Shanusi S.A.

2.3.2. Muestra

La muestra para el presente proyecto de investigación en un sistema agropecuario y agroforestal de diferentes especies como Palma aceitera (30 plantas), así mismo las de Cacao (42 plantas) y por ultimo de Bolaina (30 plantas) en un aproximado de 3,300 m², en una extensión de área de 8850ha ubicados en el área de influencia directa e indirecta la empresa Palmas del Shanusi. La metodología empleada para la evaluación de biomasa vegetal fue la recomendada por el Centro Internacional de Investigaciones Agroforesteria ICRAF, (AREVALO et al, 2002) y (Método de Corley, 1971 y Brown, 1997).

2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

2.4.1. Ubicación y delimitación del Área

El área de estudio se ubica en el Departamento de Loreto, Provincia de Yurimaguas, centro poblado de Pampa hermosa. En el área de influencia de la empresa Palmas del Shanusi ubicada en el Km. 46 de la carretera Tarapoto-Yurimaguas, con una altitud 180 msnm, precipitación promedio anual de 2,000mm, un clima de cálido húmedo, temperatura media de 24°C y 25°C para los ámbitos secos y entre 18°C y 22°C para sectores más húmedos y elevados (EIA Agrícola Palmas del Shanusi).

Con la finalidad de facilitar las labores del inventario y trabajos diversos dentro del área de influencia de Palmas del Shanusi, se procedió a identificar las áreas, posteriormente se tomaron 03 parcelas de 4m x 25m dentro de los bloques de 100m x 100m para los cultivos de Cacao; así mismo 03 parcela de 5m x 100m en el bloque de 100m x 100m (cuyo DAP es mayor a 2.5cm) para las especies de Palma aceitera y

bolaina; cabe recalcar que para cálculos de biomasa de las especies de Cacao y Bolaina se usara las recomendaciones del centro internacional de investigación en agroforestería ICRAF, (AREVALO et al, 2002). Y para la Palma Aceitera se determinara mediante el (Método de Brown 1997 y Corley 1967) para plantas que no presentan un DAP definido.

Para cada especie se considero evaluar la parte mas homogénea, registrando como unidades muestrales 20 plantas por tratamiento como mínimo; para la Palma aceitera se tomaran medidas de diámetro de bulbo o estípite, altura del estípite o bulbo, la sección transversal de la hojas N°17; Cacao y bolaina se tomaran medidas de DAP, tal como se muestra en la siguientes gráfico N°01.

2.4.2. Descripción del área de estudio

Las Áreas de estudio se encuentran ubicadas en el Predio de la empresa Palmas del Shanusi, a 20 minutos de la Localidad de Pampa Hermosa, distrito de la Ciudad de Yurimaguas.

El Predio comprende de especies Palmáceas, en este caso la más predominante es la Palma Aceitera con 8500 has, y otras especies incorporadas como el Cacao (280 has) y especies forestales como Bolaina (70 has) y otros.

En este caso se tomo muestras de Palma Aceitera, Cacao y Bolaina en edades similares de 3 años y medio, considerando la homogeneidad en la recolección de datos.

Cabe mencionar que solo se evaluara la Biomasa Arbórea de las especies, mas no de herbácea, arbustiva, hojarasca, debido a que son especies que con frecuencia son intervenidas en campo, como actividad de mantenimiento.

Los Cuadrantes de 4 x 25 m para el inventario de plantas y realizar las mediciones de DAP a 30 cm para las especies de cacao. Cuadrantes de 5.00m x 100m para el inventario de plantas y realizar las mediciones de diámetro del bulbo, altura, sección transversal de la hojas N°17, para el cultivo de palma aceitera, así como también dimensiones de la bolaina (DAP.) **Anexo 02**

2.4.3. Metodología de Análisis

La metodología empleada para la evaluación de biomasa vegetal fue la recomendada por el Centro Mundial de Agroforestería (ICRAF) y Método de Corley, 1971 - Brown, 1997

i. Biomasa Arbórea Viva

Es toda la biomasa (tronco, ramas, hojas, etc.) de los árboles con diámetros mayores a 2,5 cm. Para las evaluaciones de biomasa, se trazó parcelas de 4m x 25m donde se realizó el inventario de los plantas de (cacao), midiendo los DAP (a 30cm del suelo); con una regla de vernier, de todos los árboles con 2.5 cm. hasta 30 cm. Cuando se encontró árboles con DAP o diámetro de bulbo o estípita mayor a 30 cm. Palma aceitera y Bolaina se midió con una forcípula, donde también se midió la altura con una Wincha o Clinómetro en caso de especies forestal en las parcela de 5m x 100m del bloques de 100 x 100m.

2.4.4. Cálculos de las Biomasa Vegetal Total

i. Cálculos de la Biomasa Vegetal Total

Para Cacao y Bolaina

- **Biomasa Arbórea Viva (Kg/árbol)**

Se calculó la biomasa de cada uno de los árboles vivos y árboles muertos en pie, utilizando el siguiente modelo:

$$BA = 0.1184 DAP^{2.53}$$

Dónde:

BA = Biomasa de árboles vivos y árboles muertos en pie

0.1184 = constante

DAP = diámetro a la altura del pecho (1.30 cm y a 30 cm del suelo)

2.53 = constante

- **Biomasa Arbórea viva (t/ha)**

Para calcular la biomasa por hectárea, se sumó las biomásas de todos los árboles medidos y registrados (BTAV) ya sea en la parcela de 4m x 25m o 5m x 100m, es decir:

$$BAVT \text{ (TM/ha)} = BTAV * 0.1 \text{ ó}$$

$$BAVT \text{ (TM/ha)} = BTAV * 0.02$$

Dónde:

BAVT = Biomasa de árboles vivos en TM/ha

BTAV = Biomasa total de las parcelas de 4m x 25m ó en las parcelas de 5m x 100m.

0.1 = Factor de conversión cuando la parcela es de 4m x 25m.

0.02 = Factor de conversión cuando la parcela es de 5m x 100m.

Para Especies de Palma Aceitera

- **Biomasa del Tronco o Estípite (Método de Brow, 1997)**

$$BT(kg/palma) = Volumen * Densidad$$

$$V = \pi * r^2 * L \text{ (m}^3\text{/estipe)}$$

$$D = 0.40$$

- **Biomasa del Follaje (Método de Courley, 1971)**

$$BF \text{ (kg/palma)} = 0.102 (P * S) + 0.206 * N^{\circ} \text{ de hojas}$$

Peso seco de la hoja

$$W = 0.102 (P \times S) + 0.206$$

Dónde:

- P = Largo de la sección transversal de la hoja N°17 en (Cm)
 S = Ancho de la sección transversal de la hoja N°17 en (Cm)

- **Biomasa de la Palma Aceitera**

$$BA \text{ (kg/planta)} = BT + BF$$

- **Biomasa de Palma Aceitera (TM/ha)**

$$BA \text{ (Tn/ha)} = BA \text{ (Kg/planta)} \times \text{Densidad de planta}$$

iii. Cálculo de la Biomasa Total (T/ha)

$$BVT \text{ (TM/ha)} = (BA)$$

Dónde:

BVT = Biomasa vegetal total

BA = Biomasa total de árboles vivos

iv. Cálculo del Carbono Total

Cálculo del Carbono en la Biomasa Vegetal Total (TM/ha)

$$CBV \text{ (TM/ha)} = BVT * 0.45$$

Dónde:

CBV = Carbono en la biomasa vegetal

BVT = Biomasa vegetal total

0.45 = Constante

2.4.5. Frecuencia del Muestreo y tiempo

Frecuencia de monitoreo: La frecuencia de evaluación empleada es de forma mensual para cada especie, en diferentes puntos del área de influencia de la empresa Palmas del Shanusi.

Hora de monitoreo: La hora de muestreo de las parcelas experimentales, correspondiente a cada cultivo se realizó en horario de 8:00 am a 15:00 pm.

Tiempo de monitoreo: El tiempo de muestreo de las parcelas experimentales correspondientes a los cultivos será durante una semana/mes, cabe recalcar que en la toma de muestras habrá 03 repeticiones y se realizó de manera consecutiva en los diferentes meses, así mismo la toma de datos se realizó en un periodo de 07 meses consecutivos. (*Bach. Jason Ramírez García*).

CAPITULO III

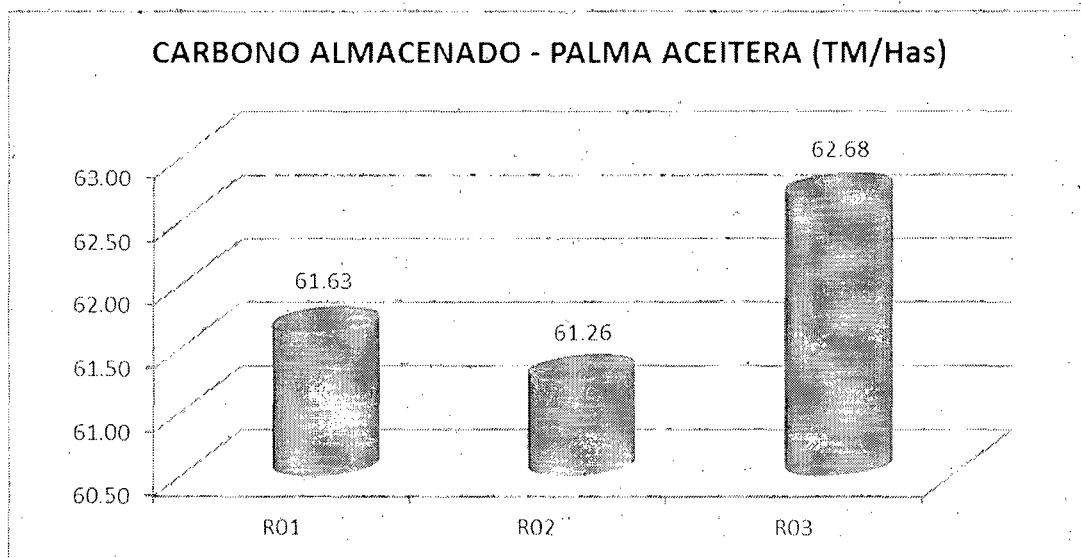
RESULTADOS

3.1. Evaluación de la Captura del Carbono del Cultivo en “Palma Aceitera” (*Elaeis guinensis*)

CUADRO N°08: Análisis de conversión de Biomasa a Carbono almacenado en *Elaeis guinensis*.

REPETICIONES	N° de plantas	BIOMASA (Kg) /PLANTA	BIOMASA (Tn/ha)	TOTAL DE CARBONO ALMACENADO/ha
R01	1	821.44	133.07	59.88
	2	876.59	142.01	63.90
	3	743.83	120.50	54.23
	4	756.34	122.53	55.14
	5	859.96	139.31	62.69
	6	854.90	138.49	62.32
	7	893.97	144.82	65.17
	8	975.03	157.96	71.08
	9	854.07	138.36	62.26
	10	817.80	132.48	59.62
PROMEDIO		845.39	136.95	61.63
R02	1	859.29	139.21	62.64
	2	845.49	136.97	61.64
	3	804.56	130.34	58.65
	4	836.19	135.46	60.96
	5	812.61	131.64	59.24
	6	823.27	133.37	60.02
	7	885.49	143.45	64.55
	8	840.59	136.18	61.28
	9	938.47	152.03	68.41
	10	756.78	122.60	55.17
PROMEDIO		840.27	136.12	61.26
R03	1	862.86	139.78	62.90
	2	875.93	141.90	63.86
	3	843.67	136.67	61.50
	4	924.24	149.73	67.38
	5	885.45	143.44	64.55
	6	873.30	141.48	63.66
	7	831.75	134.74	60.63
	8	772.53	125.15	56.32
	9	807.73	130.85	58.88
	10	920.63	149.14	67.11
PROMEDIO		859.81	139.29	62.68
PROMEDIO TOTAL		848.49	137.46	61.86

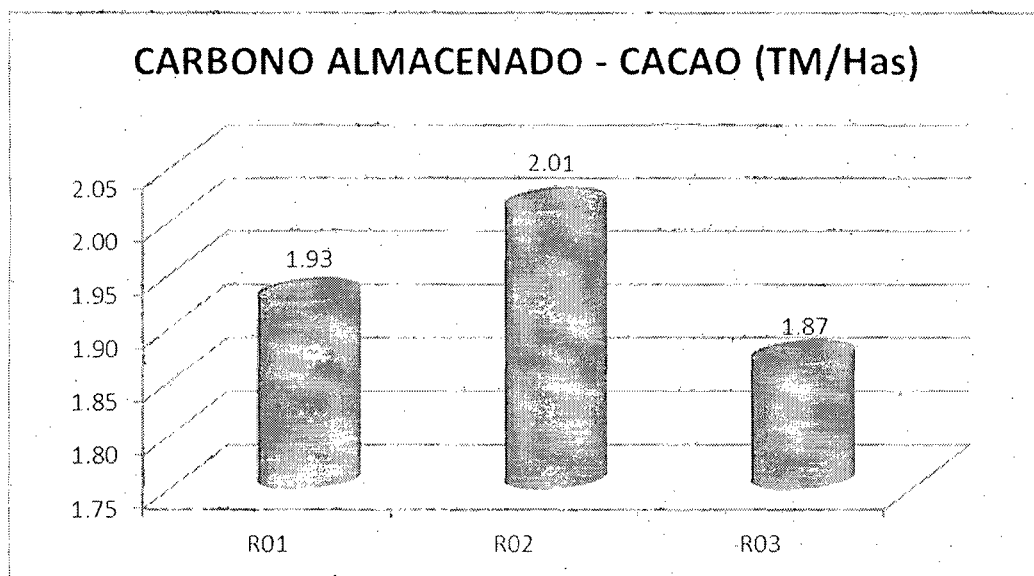
GRÁFICO 01: TOTAL DE CARBONO ALMACENADO/has POR PROMEDIO DE REPETICIONES MUESTRALES – PALMA ACEITERA



FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

3.2. Evaluación de la Captura de Carbono del Cultivo de “Cacao” (*Theobroma cacao*)

GRÁFICO 02: TOTAL DE CARBONO ALMACENADO/has POR PROMEDIO DE REPETICIONES MUESTRALES – CACAO



FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

CUADRO N°09: Analisis de conversión de Biomasa a Carbono almacenado en *Theobroma cacao*.

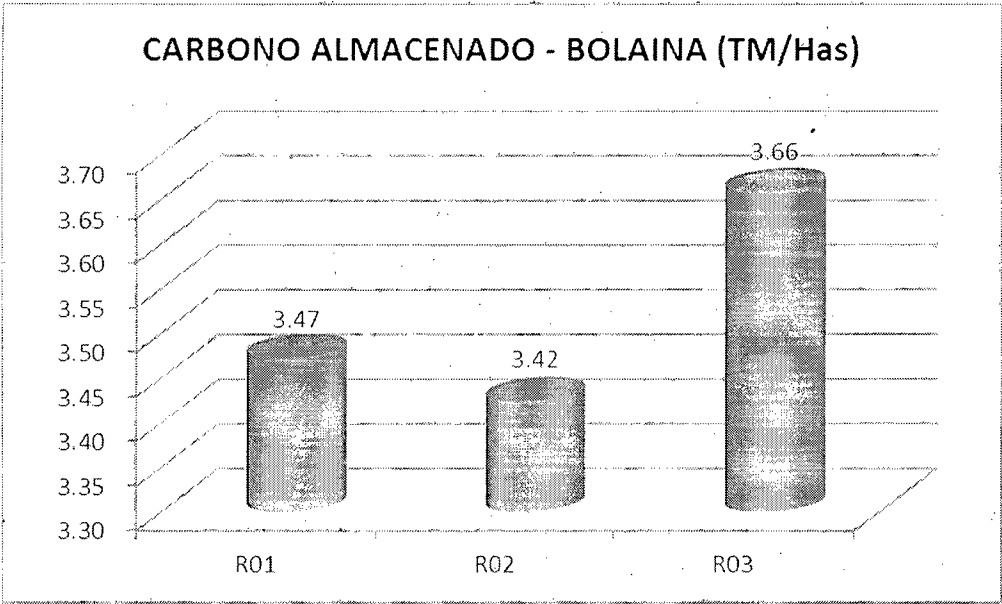
REPETICIONES	N° de plantas	BIOMASA (Kg/arbol)	BIOMASA ARBÓREA VIVA tn/has	CARBONO TOTAL (Tn/Has)
R01	1	40.24	4.02	1.81
	2	45.55	4.55	2.05
	3	34.97	3.50	1.57
	4	21.40	2.14	0.96
	5	24.18	2.42	1.09
	6	43.84	4.38	1.97
	7	59.50	5.95	2.68
	8	51.90	5.19	2.34
	9	61.92	6.19	2.79
	10	42.33	4.23	1.90
	11	41.88	4.19	1.88
	12	32.74	3.27	1.47
	13	49.73	4.97	2.24
	14	48.74	4.87	2.19
PROMEDIO		42.78	4.28	1.93
R02	1	45.31	4.53	2.04
	2	41.59	4.16	1.87
	3	41.29	4.13	1.86
	4	45.70	4.57	2.06
	5	49.07	4.91	2.21
	6	64.02	6.40	2.88
	7	67.14	6.71	3.02
	8	28.80	2.88	1.30
	9	49.07	4.91	2.21
	10	64.60	6.46	2.91
	11	42.03	4.20	1.89
	12	35.64	3.56	1.60
	13	33.26	3.33	1.50
	14	18.01	1.80	0.81
PROMEDIO		44.68	4.47	2.01
R03	1	43.08	4.31	1.94
	2	44.92	4.49	2.02
	3	31.98	3.20	1.44
	4	30.98	3.10	1.39
	5	30.49	3.05	1.37
	6	40.70	4.07	1.83
	7	52.24	5.22	2.35
	8	15.20	1.52	0.68
	9	69.14	6.91	3.11
	10	47.29	4.73	2.13
	11	42.18	4.22	1.90
	12	39.83	3.98	1.79
	13	52.58	5.26	2.37
	14	40.26	4.03	1.81
PROMEDIO		41.49	4.15	1.87
PROMEDIO TOTAL		42.98	4.30	1.93

3.3. Evaluación de la Captura de Carbono en Especie Forestal de “Bolaina” (*Guazuma crinita*)

CUADRO N°10: Analisis de conversión de Biomasa a Carbono almacenado en *Guazuma crinita*.

REPETICION	Nº DE PLANTA	BIOMASA ARBÓREA VIVA kg/arbol	BIOMASA ARBÓREA VIVA tn/has	CARBONO TOTAL (tn/Ha)
R01	1	83.69	8.37	3.77
	2	85.38	8.54	3.84
	3	71.77	7.18	3.23
	4	81.47	8.15	3.67
	5	78.76	7.88	3.54
	6	52.40	5.24	2.36
	7	67.85	6.79	3.05
	8	89.80	8.98	4.04
	9	90.17	9.02	4.06
	10	70.37	7.04	3.17
PROMEDIO		77.17	7.72	3.47
R02	1	87.27	8.73	3.93
	2	82.17	8.22	3.70
	3	77.70	7.77	3.50
	4	61.00	6.10	2.75
	5	103.53	10.35	4.66
	6	87.59	8.76	3.94
	7	65.68	6.57	2.96
	8	36.66	3.67	1.65
	9	78.39	7.84	3.53
	10	80.96	8.10	3.64
PROMEDIO		76.10	7.61	3.42
R03	1	100.40	10.04	4.52
	2	84.06	8.41	3.78
	3	87.80	8.78	3.95
	4	79.92	7.99	3.60
	5	79.18	7.92	3.56
	6	73.41	7.34	3.30
	7	87.55	8.75	3.94
	8	88.97	8.90	4.00
	9	55.16	5.52	2.48
	10	76.52	7.65	3.44
PROMEDIO		81.30	8.13	3.66
PROMEDIO TOTAL		78.19	7.82	3.52

GRÁFICO 03: TOTAL DE CARBONO ALMACENADO/has POR PROMEDIO DE REPETICIONES MUESTRALES – BOLAINA



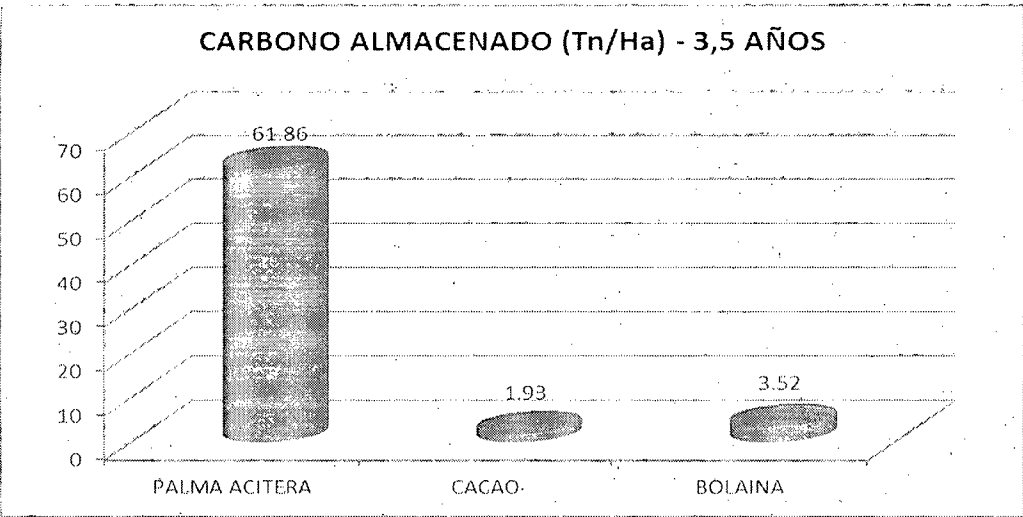
FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

3.4. Diagnóstico de los cultivos de Palma Aceitera, Cacao y Bolania.

CUADRO N°11: Resumen del Almacenamiento de Carbono Total.

PLANTA	CARBONO ALMACENADO (Tn/Ha)	N° HECTAREAS	TOTAL DE CARBONO ALMACENADO
PALMA ACITERA	61.86	8500	525810.00
CACAO	1.93	280	540.40
BOLAINA	3.52	70	246.40
TOTAL			526596.80

GRÁFICO 04: TOTAL DE CARBONO ALMACENADO/has POR ESPECIES



3.5. DISCUSIONES

- La cantidad de carbono almacenado en especies de Palma Aceitera (*Elaeis guinensis*), con edades de 3 años y medio, la cual no presentan formación de un estipe definido para determinar un DAP y precisar la Biomasa de la Planta.

En este caso se tuvo de combinar dos métodos alométricos (Método de Bronw 1997 y Courley 1971) para determinar la Biomasa Arbórea.

En caso de tener una DAP definido, con alturas promedio $>1.5\text{m}$, es fácil determinar la Biomasa Arborea, teniendo como antecedente que la Biomasa Foliar es el 65%(Biomasa Tronco). Según Bronw 1997.

Según los análisis obtenidos el Método Bronw nos sirvió para determinar la Biomasa del Estipe o Tronco asumiendo un cilindro perfecto y el Método de Courley para determinar la Biomasa Foliar, teniendo en cuenta la Hoja N°17 de formación definida y secciones transversales de la misma.

- Según resultados obtenidos el almacenamiento de Carbono en edades de 3 a 4 años es de 61.86 Tn/has/año (solo incluye Biomasa Arborea), resultado que al compararse con estudios realizados en la empresa Palmas del Espino (Manuela de la Cruz, 2009) en edades de 6 años (101.79 Tn/has) a 25 años (180 Tn/has), esto incluye Biomasa herbácea, hojarasca, arboles caídos muertos, etc. refleja entre ambos un progresivo almacenamiento de Carbono en las diferentes edades.
- Según resultados, en la evaluación de las especies muestreadas en edades de 3,5 años, se observó que la Palma Aceitera, con respecto al Cacao y Bolaina presenta un almacenamiento de carbono de 20 a 40 veces mayor, esto se debe en muchos casos al tipo de suelo en el que se desarrolla el cultivo situación que es corroborada por SMITH et al.,(1997), quien menciona que la producción de biomasa y la capacidad de almacenamiento de carbono por la plantas es determinada por las zonas de vida, los sitios, las especies y la etapa de desarrollo en que se encuentren la planta.
- En el Area de 8500 has de Palma Aceitera, existen Plantaciones desde las más adultas 5 años hasta las más jóvenes de 01 año, Camp.2006 (5 y 6 años), Camp.2008 y 2009 (4 años), Camp. 2010 y 2011 (3 años) y Camp. 2012 y 2013 (1 año y medio).
Recalcando que el muestreo se ejecutó en las plantaciones pertenecientes a la Camp. 2006 – 2008(3,5 años); y como resultado de dicha evaluación se tiene un almacenamiento carbono a referencia de 525,810.00 TN/Has/Año.

3.6. CONCLUSIONES

- Se logró realizar la evaluación Alométrica de las especies agro-forestales existentes en el predio de la Empresa Palmas del Shanusi S.A., registrándose unos 30 individuos de Palma Aceitera (*Elaeis guinensis*), 42 individuos de Cacao (*Theobroma cacao*) y 30 individuos de Bolaina (*Guazuma crinita*) de los cuales se midió el DAP a 30cm para Cacao ICRAF, (AREVALO et al, 2002), Dimensiones de diámetro de bulbo, altura, sección transversal de la Hoja N°17 para la Palma Aceitera (Metodo Bronw 1997 y Metodo Courley 1967) y el DAP para la Bolaina ICRAF, (AREVALO et al, 2002).
- Se pudo determinar la cantidad de carbono acumulado por cada especie, siendo *Elaeis guinensis* la especie de mayor cantidad de carbono con 61.86 Tn/ha, mientras que *Theobroma cacao* la de menor cantidad carbono acumulando 1.93 Tn/ha. Todo ello en el marco de la presente investigación, considerando el factor de conversión 0.45 para la transformación de Biomasa a Carbono almacenado/has.
- Según las especies evaluadas en campo, el rango de almacenamiento de carbono por hectáreas en las especies de Palma Aceitera, Cacao y Bolaina en edad 3,5 años es la siguiente: 61.86 Tn/has, 1.93 Tn/has y 3.52 Tn/has consecutivamente.
- Según la cantidad de Has, instaladas en el Predio Palmas del Shanusi el resultado que se obtendría en el rango de edades evaluadas, considerando que la extensión de las especies sembradas sean de 3,5 años es lo siguiente: *Elaeis guinensis* con 8500 has el acumulado de carbono es de 525,810.00 Tn/año. *Theobroma cacao* con 280 has el acumulado de carbono es de 540.40Tn/año. *Guazuma crinita* con 70 has el acumulado de carbono es de 246.40Tn/año.

3.7. RECOMENDACIONES

- A todos los estudiantes universitarios se recomienda realizar la réplica del presente trabajo de investigación en diferentes zonas y estratos de nuestro país para generar mayor información de la misma y se pueda determinar posibles sistemas eficientes de desarrollo sostenible en base a resultados de investigaciones.

- A la comunidad estudiantil universitaria se recomienda realizar proyectos de investigación que involucren la participación de entidades públicas y/o privadas para poder obtener algún apoyo tanto logísticos o económico que servirán de ayuda para efectuar mejor el estudio de investigación.
- Se recomienda tener en cuenta los proyectos agroforestales para realizar investigaciones de esta magnitud, que nos permitirán tener una visión más amplia del como compensar el daño ecológico que estos ocasionan, brindando alternativas de solución que favorezcan a fomentar los proyectos MDL en benéfico económico y medio ambiental.
- A las instituciones privadas que realizan y ejecutan proyectos se recomienda brindar espacios laborables u oportunidades a los estudiantes o egresados que cumplan con los requisitos necesarios para realizar proyectos de tesis, lo cual les permitirá obtener información y trabajos en beneficio de sus actividades.
- Se recomienda utilizar antecedentes bibliográficos, para mejorar las metodologías formas de evaluación que faciliten el presente estudio como base para futuros proyectos de investigación, Alternativas innovadoras que permitirán generar mejores resultados y mucha más información valiosa.

3.8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANDERSON, J; SPENCER, T. 1991. Carbon, nutrient and water balances of tropical rain forest ecosystems subject to disturbance. MAB – Digest/FAO- Unesco. 55p.
- ARÉVALO, L., ALEGRE J., PALM, CH. 2003. Manual de las Reservas Totales de Carbono en los Diferentes Sistemas de Uso de la Tierra en Perú. Publicación de STC - CGIAR Ministerio de agricultura. Pucallpa, Perú. 24p.
- AROSTEGUI, A. 1990. Características tecnológicas y usos de la madera de 145 especies del Perú. UNALM - Ministerio de Agricultura, Perú. 257p.
- BATET, S., ROVIRA, S. 2002. Cambio Climático. Departamento de Sostenibilidad del Centro UNESCO de Catalunya. [En línea]: One world, (<http://es.oneworld.net/article/archive/5728/>; 15 Ene. 2007).
- BARBARAN, G. 1998. Determinación de biomasa y carbón en los principales usos de la tierra en la zona de Campo Verde. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa. 54p.
- BOLIN, B., DOOS, B., JAGER J., WARRICK, R. 1996. The Greenhouse effect, Climate Change and Ecosistemas. [En línea]: Biomeso, ([http://www.biomeso.net/bancoconocimiento/Cambio climático.asp](http://www.biomeso.net/bancoconocimiento/Cambio%20climático.asp); 06 Dic. 2006).
- BROWN S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forest: a primer FAO. Rome, Italy. 134 p.
- BROWN, S. Y LUGO, A. 1992. Aboveground Biomass Estimates for Tropical Moist Forests of the Brazilian Amazon. Interciencia 17. [En línea]: FAO, (<http://www.fao.org/docrep/005/Y2779S/y2779s05.htm>; 05 Ene. 2007).
- CABELLO, A. 2000. Propagación Asexual. Apuntes de clase N° 2. Departamento de Silvicultura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. 10p.
- CAMACHO, F.; FERNÁNDEZ, E. 1997. Influencia de patrones utilizados en el cultivo de sandía bajo plástico sobre la producción, precocidad y calidad del fruto en Almería. [En Línea]:(http://www.Larural.es/servagro/sta/publicaciones/sandia/pub/9708_homepage/, Doc . 08 Jul. 2009).

- CASTELLANOS & COL, 1991. Root biomass of a dry deciduous tropical forest in Mexico. *Plant and Soil*. 131:225-228.
- CHIDIAK, M. 2003. Captura de Carbono y Desarrollo Forestal Sustentable en la Patagonia Argentina: Sinergias y Desafíos. CENIT-CEPAL-UDESA. LC/BUE/R.255. Buenos Aires, Argentina. 136p.
- CONCHAI, Y., ALEGRE, C. y POCOMUCHA. V. 2007. Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de *Theobroma cacao* L. en San Martín, Perú. Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima Perú. 1:1-8
- COTO, O. y MORERA, L. 2004. Cambio Climático: “Capacidades Técnicas Existentes y Actividades Relacionadas Con el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) en los Países de América Latina y El Caribe”. Proyecto: Cambio Climático. OLADE/ACDI/Universidad de Calgary. 182p.
- CORLEY R.H. 1971. Analysis of growth of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Estimation of growth parameters and application in breeding. *Euphytica* (Holanda) v.20, p.30-37.
- CONSTANZA & COL., 1997, The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253-260
- DAILY & COL., 1996, Introduction: what are ecosystem services?. En: G. C Daily (editor). *Nature's services. Societal dependence on natural ecosystem*. Island Press. Washington, D.C.
- DELANEY, N. 2005. Medición de la Capacidad de Captura de Carbono en Bosques de Chile y Promoción en el Mercado Mundial de Carbono. [En línea]: FONDEF, (<http://www.fondef.cl/bases/fondef/proyecto.html>, 05 Ene. 2007).
- DE MORAES, J., VOLKOFF, B., CERRI, C., BERNOUX, M. 1996. Soil Properties Under Amazon Forest and Changes due to Pasture Installation in Rondonia. Brasil. 81p.

- EVALUACIÓN DE ECOSISTEMAS DEL MILENIO. 2006. Captura de carbono: Sumidero de carbono. [En línea]: Greenfacts, (www.greenfacts.org/es/glosario/abc/captura-carbono.htm, 25 abr. 2007).
- FINEGAN. B. 1997. Memorias del Taller internacional sobre estado actual y potencial de manejo y desarrollo del bosque secundario tropical en América Latina: Bases ecológicas para el manejo de bosques secundarios de las zonas húmedas del trópico americano, recuperación de la biodiversidad y producción sostenible de madera. Pucallpa, Perú. GTZ, CTA. pp. 106-109.
- FLORES, Y. 1997. Comportamiento fenológico de 88 especies forestales de la Amazonía peruana. INIA – EE Pucallpa, Lima, Perú. 124p.
- Christensen Jr., N. y J. Frankling.1997.Ecosystem function and ecosystem management. En: R. D. Simpson y N. Christensen Jr. (editores). Ecosystem function and human activities: reconciling economías and ecology. International Thomson Publishing, New York, N.Y
- FONDO NACIONAL DEL AMBIENTE (FONAM). 2006. El cambio climático. [En línea]: FONAM, (<http://www.fonamperu.org/general/cambio.asp>, 29 Dic. 2007).
- FONDO NACIONAL DEL AMBIENTE (FONAM) 2004. El Mecanismo de Desarrollo Limpio: Guía práctica para desarrolladores de proyectos. PROCLIM - MDL. [En línea]: FONAM, (www.fonamperu.org, 15 Abr. 2007)
- FONDO NACIONAL DEL AMBIENTE (FONAM). 2007. Portafolio de Proyectos Peruanos en el Mecanismo de Desarrollo en Limpio. [En línea]: FONAM, (<http://www.fonamperu.org/general/mdl/portafolio.php>, 15 Abr. 2007).
- GAMARRA, 2001. Estimación Del Contenido De Carbono En Plantaciones De Eucalyptus Globulus Labill, En Junín, Perú, pág. 2 – 5.
- GUZMÁN, A.; LAGUNA, I. y MARTÍNEZ, J. 2006. Los Mecanismos flexibles del Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático. [En línea]: INE, (<http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones.html>, 27 Mar. 2007)

- HARTMANN, T.; KESTER, E.1990. Propagación de plantas: Principios y prácticas. Editorial continental S.A. 4ta edición. México, D.F.SECA. 760p.
- HARTING, C. 1975. Traslocation of e insugar cane plant physical. N° 38. 236p.
- HELLER, T. y SHUKLA, P. 2003. Development and Climate. Beyond Kyoto: Advancing the International Effort against Climate Change. (Working Draft). Washington: Pew Center. [En línea]: Fundación sustentable, (<http://www.fundacionsustentable.org/contentid-45.html>; 25 Nov. 2006).
- HERRERA, A. J. 2010. Estimación de la biomasa y carbono almacenado en sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN-51 de diferentes edades en la provincia de Leoncio Prado. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 95p.
- HERNÁNDEZ, L. 2001. Densidad de Biomasa Aérea en Bosques Extenso del Neotrópico Húmedo. México.
- HERRERA. B; ALVARADO, A. 1998. Calidad de sitio y factores ambientales en bosques de Centro America. Agronomía Costarricense 22 (1): 99-117 p
- HIDALGO, L. 2009. Efecto de técnicas y sistemas de protección en la injertación de sachá Inchi (*Plukenetia Volubilis* L.), bajo condiciones de vivero. Tesis Ing. Agrónomo, San Martín, Perú. Universidad Nacional de San Martín. 104p.
- IPPC. 1995. Segunda Evaluaron, Cambio Climático: Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático PNU. Por el medio Ambiente. 71p.
- IPCC. 2001b. Los Sumideros de Carbono [En línea]: CESCYL, (www.cescyl.es/pdf/coleccionestudios/Pkioto.pdf; 14 Oct. 2007).
- INIA-OIMT.1996. Manual de identificación de especies forestales de la Sub-Región Andina. Lima, Perú. 489p.

- KYRKLUND, B. 1990. Cómo puede contribuir los bosques y las industrias forestales a reducir el exceso de anhídrido carbónico en la atmósfera. UNASYLVA 41 (143): 2-15
- KANNINEN, M. 2000. Secuestro de Carbono en Bosques: El papel de los Bosques en el Ciclo Global de Carbono. [En línea]: Virtual centre, (<http://lead.virtualcentre.org/es/ele/conferencia2/articulovb.pdf>, 15 ene. 2007).
- KAINS, M.; McQUESTEN, L. 1938. Propagation of plants. New York. USA. Orange Judo Publishing Company, INC. 639 p.
- KALIL FILHO, A.; HOFFMANN, H.; RODIGUES, F. 2001. Mini-injertos: Un nuevo método para el injerto de América del Sur de Caoba (*Swietenia macrophylla* King). Comunicado Técnico N° 62. Brasil, Embrapa Floresta. 4p.
- LARREA, G. 2007. Impactos socio ambientales del cambio de cultivo de coca a cacao en Mariscal Cáceres según los agricultores. Informe de Practicas Pre-Profesionales UNALM. Lima Perú.
- LEBLANC, E. 2006. Fijación de carbono en palma aceitera en la región tropical húmeda de Costa Rica". *Tierra Tropical* 2 (2): 197-202.
- LINERA W.G. 1963. Biomass and nutrient content in two successional stages of tropical wet forest in Uxpanapa. Mexico. *Biotropica* 15 (4): 275-284 p
- LOGUERCIO, G. 2005. Cambio Climático: El rol de los bosques como sumideros de carbono. Secretaría Académica - CIEFAP. [En línea]: CIEFAP, (www.ciefap.org.ar/novedades/notas/nota1/default.html); 05 Ene. 2007).
- MACKENZIE, J. 2001. Thinking long term: Confronting global climate change. World Resources Institute. [En línea]: WRI, (<http://www.wri.org/climate/longterm/index.html>); 05 Ene. 2007).
- MANUELA DE LA CRUZ, 2009. Cuantificación del carbono almacenado en plantaciones de palma aceitera (*elaeis guineensis* jacq) de diferentes edades en la provincia de Tocahe – Perú. Pag. 37 – 43.

- MARQUEZ, L. 2000. Elementos Técnicos para Inventarios de Carbono, en Uso del Suelo. Fundación Solar. Guatemala. 31p.
- MARTINO, D. 2006. Los Sumideros de Carbono en el Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto. [En línea]: SEED, (<http://www.seed.slb.com/es/scictr/watch/climatechangecarbon.html>); 25 abr. 2007).
- MARQUEZ, T. 2005. Cálculo de Biomasa y Captura de Carbono en Cuatro Sistemas Agroforestales de Café con Sombra, en Tarapoto. Informe de Prácticas Preprofesionales.
- MARQUEZ, L. 2000. Elementos Técnicos para Inventarios de Carbono, en Uso del Suelo. Fundación Solar. Guatemala. 31p.
- MORAN, E.F; BRONDIZIO, E.S.; TUCKER, J.M.:2000. Effects of soil fertility and land-use on forest succession in Amazonia. Forest Ecology and Managerment. 93-106p
- MESEN, F. 1998. Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: Uso de propagadores de sub-irrigación. Manual técnico N° 30. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 36 p.
- NABUURS, G.J. Y MOHREN, G.M. 1995. Modelling analysis of potential carbon sequestration in selected forest types. Canadian Journal of Forest Research 25: 1157-1172.
- NORBERTO, C. 2006. Metodologías para el Análisis Costo-Beneficio de usos del Suelo y Fijación de Carbono en Sistemas Forestales para el Mecanismo de Desarrollo Limpio. Proyecto Forestal de Desarrollo (SAGPyA/BIRF). B. Aires, Argentina. 20p.
- OYHANTÇABAL, W. 2005. El Mecanismo para un desarrollo limpio en el Uruguay: Hacia una Nueva Relación entre Ganadería y Silvicultura. Unidad de Proyectos Agropecuarios de Cambio Climático del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca del Uruguay. [En línea]: FAO, (<http://www.fao.org/docrep/009/a0413s/a0413s04.htm>; 15 Feb, 2007).
- GARCÍA-OLIVA, 1998. Efecto de la transformación de la selva a pradera sobre la dinámica de los nutrientes en un ecosistema tropical estacional en México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 62: 39-48.

- OLGUÍN, M. 2001. Incorporación de la captura de carbono como propuesta de manejo forestal integral: Estudio de caso en una comunidad de la Meseta Purépecha. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 73pag
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). 2002. Captura de Carbono en los Suelos para un Mejor Manejo de la Tierra. Dirección de Información VIALE DELLE TERME DI CARACALLA. Roma, Italia. 95p.
- ORDOÑEZ A. 1999. Captura de carbono en un bosque templado, el caso de San Juan Nuevo, Michigan. Instituto Nacional de Ecología SEMARNAP. México D.F. 72 p.
- ORTIZ, A; RIASCOS, L. 2006. Almacenamiento y Fijación de carbono del sistema agroforestal cacao *Theobroma cacao* L y laurel *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavón) Oken en la Reserva Indígena de Talamanca, Costa Rica. CATIE. 33-62 p.
- OSORIO, 2004. "Interceptación de la Radiación, Acumulación y Distribución de Biomasa y Contenido de Carbono en las Especies: *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden y *Alnus acuminata* H.B.K." Risaralda, pag. 45 – 48.
- PALOMINO & CABRERA, 2008. Estimación del servicio ambiental de captura del CO₂ en la flora de los humedales de Puerto Viejo. Expediente Técnico del Área de Conservación Regional Humedales de Puerto Viejo. Lima- Perú.
- PARLAMENTO LATINOAMERICANO, 1998. La Lucha contra el Cambio Climático. Taller del Parlamento Latinoamericano sobre el Cambio Climático. Buenos Aires – Argentina. 174p.
- PALOMINO, J.; BARRA, M. 2003. Especies forestales nativas con potencial para reforestación en la provincia de Oxapampa y fichas técnicas de las especies de mayor prioridad. Programa Selva Central. PRONATURALEZA. Oxapampa, Perú. 109p.
- PAREDES, O.; SOUDRE M. 2009. Ensayos previos de injertación de especies forestales nativas. Informe técnico N° 6. Proyecto silvicultura de bolaina. Programa de Investigación en Manejo Integral de Bosques y Servicios Ambientales. IIAP. Ucayali. 10p.

- PEDRONI, L. 2005. Aspectos a Tomar en Cuenta en Proyectos Forestales Bajo el MDL. Instrumentos Económicos y Medio Ambiente. [En línea]: Andeancenter, (<http://www.andeancenter.com>.; 06 Ene. 2007).
- RAMÍREZ, T. 2005. El injerto de púa: Un excelente método para la propagación vegetativa del rambután (*Nephelium lappaceum*, L.). La Lima, Cortes, Honduras C.A. FHIA. Programa de Diversificación. 12p. [En línea]: (<http://www.fhia.org.hn/>, Doc. 02 May. 2009).
- REYNEL, C.; PENNINGTON, R.; PENNINGTON, T.; FLORES, C.; DAZA, A. 2003. Árboles útiles de la Amazonia Peruana y sus usos. Lima, Perú. 50p.
- RIOS, A.J. 2007. Armazenamento da carbono e valoracao economica em sistemas de uso-da-terra comparados com o de cultivo da coca (*Erythroxylon coca* Lam) no distrito de Jose Crespo e Castillo, Peru. 125 p.
- ROJAS, S.; GARCIA, J.; ALARCON, M. 2004. Propagación asexual de plantas. Conceptos básicos y experiencias en especies amazónicas. CORPOICA/PRONATA/MADR. Colombia. 55p. [En línea]:([http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/publicaciones/propagacina de plantas.pdf](http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/publicaciones/propagacina%20de%20plantas.pdf)), Doc. 29 Dic. 2009).
- SALGADO L. 2004. El Mecanismo de Desarrollo Limpio en Actividades de Uso de la Tierra, Cambio de Uso y Forestería (LULUCF) y su Potencial en la Región Latinoamericana. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos.
- SANCHEZ, P., BURESH, R., LEAKEY, B. 1999. Trees, soils and food Security. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. [En línea]: FAO, (<http://www.fao.org/docrep/005/Y2779S/y2779s05.htm>; 05 Ene. 2007).
- SCHROEDER, P. 1994. Carbon Storage Benefits of Agroforestry Systems. [En línea]: FAO, (<http://www.fao.org/docrep/005/Y2779S/y2779s05.htm>; 05 Ene. 2007).
- ULLOA, G. 2006. Protocolo de Kyoto y el Mecanismo de Desarrollo Limpio en Bolivia. Ministerio de Desarrollo Sostenible. Viceministerio de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Bolivia. 46p.

- UNEP, GENS. 1992. Los Gases que producen el Efecto Invernadero. Sánchez-Vélez y Gerón d. traductores. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 41p.
- WORLD WILDLIFE FUND (WWF). 2006. El Protocolo de Kyoto: Situación Actual y Perspectivas. Madrid, España. [En línea]: WWF, (<http://www.wwf.es/cambioclimático.htm>; 15 Ene. 2007).
- ZOBEL, B.; TALBERT, J. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. México. Ed. Limusa. 554 p. [En línea]: (<http://www.inta.gov.ar/bellavista/Congreso/>, Doc. 29 May. 2009).

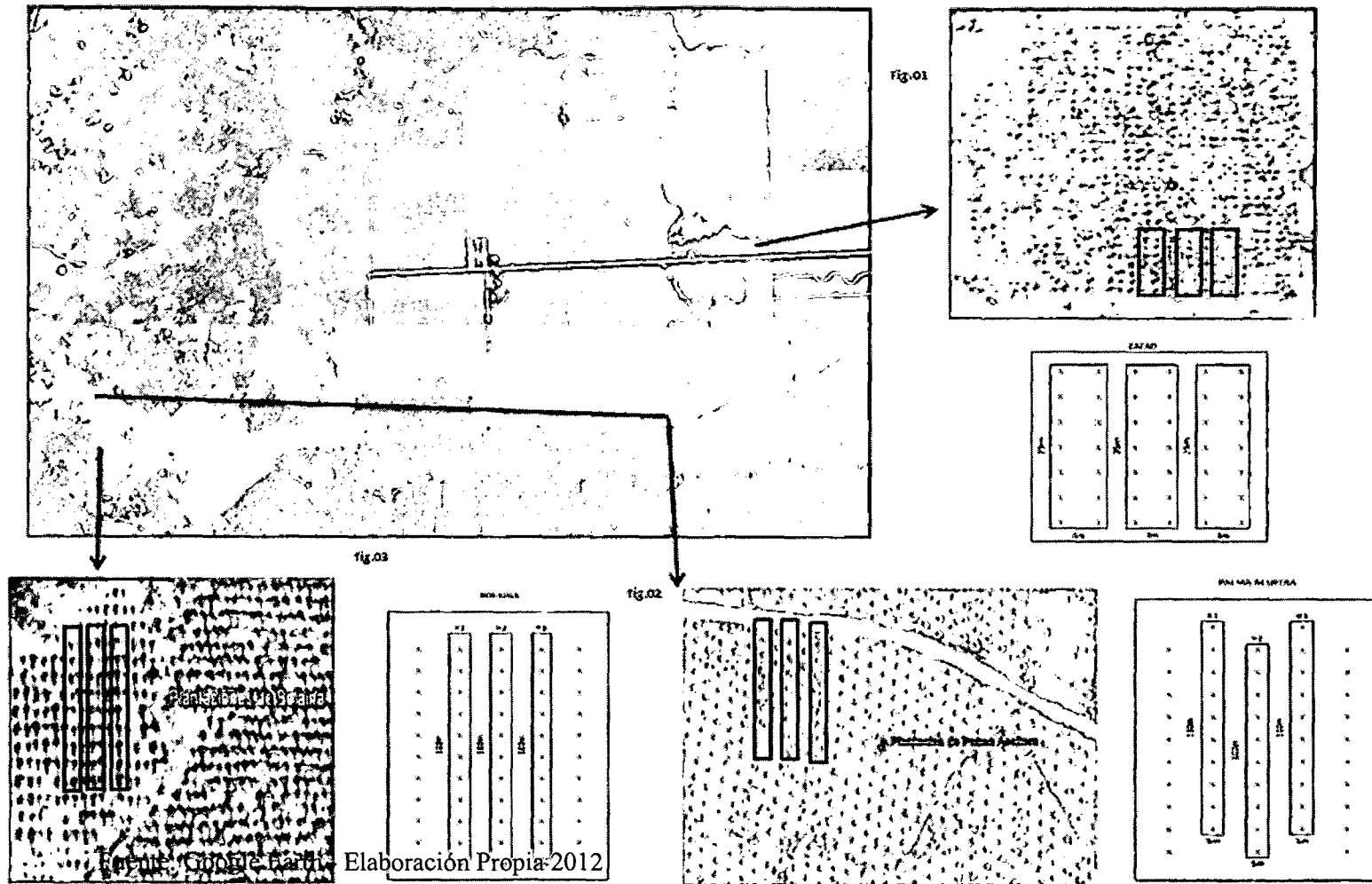
3.9. REFERENCIA ELECTRONICA.

- <http://es.wikipedia.org>

ANEXOS

ANEXO 01:
Mapa de ubicación de la Investigación

ANEXO 02:
Imagen satelital de ubicación de las parcelas de estudio



CUADRO N° 20: Muestreo en Cacao mes de Setiembre de 2011

REPETICIONES	N° de plantas	15/09/2011			Carbono Total (Tn/Ha)
		Diámetro (cm)	Biomasa (Kg)	Biomasa (Tn/Ha)	
R01	1	9,68	36,95	3,70	1,66
	2	9,5	35,24	3,52	1,59
	3	8,7	28,21	2,82	1,27
	4	7,2	17,47	1,75	0,79
	5	7,5	19,38	1,94	0,87
	6	10	40,12	4,01	1,81
	7	11,5	57,14	5,71	2,57
	8	10,3	43,23	4,32	1,95
	9	11,7	59,68	5,97	2,69
	10	9,8	38,12	3,81	1,72
	11	9,9	39,11	3,91	1,76
	12	8,5	26,59	2,66	1,20
	13	10,1	41,14	4,11	1,85
	14	9,8	38,12	3,81	1,72
	PROMEDIO			3,72	1,67
R02	1	9,85	38,61	3,86	1,74
	2	9,6	36,18	3,62	1,63
	3	9,2	32,49	3,25	1,46
	4	10,1	41,14	4,11	1,85
	5	10,6	46,49	4,65	2,09
	6	11,6	58,40	5,84	2,63
	7	11,8	60,98	6,10	2,74
	8	8,1	23,54	2,35	1,06
	9	9	30,73	3,07	1,38
	10	10,1	41,14	4,11	1,85
	11	8,6	27,39	2,74	1,23
	12	8,6	27,39	2,74	1,23
	13	8,8	29,03	2,90	1,31
	14	6,1	11,49	1,15	0,52
	PROMEDIO			3,61	1,62
R03	1	9,4	34,31	3,43	1,54
	2	10,1	41,14	4,11	1,85
	3	8,4	25,81	2,58	1,16
	4	8,8	29,03	2,90	1,31
	5	7,8	21,40	2,14	0,96
	6	9,5	35,24	3,52	1,59
	7	10,7	47,61	4,76	2,14
	8	6,2	11,97	1,20	0,54
	9	11,8	60,98	6,10	2,74
	10	10	40,12	4,01	1,81
	11	9,3	33,39	3,34	1,50
	12	9	30,73	3,07	1,38
	13	10,4	44,30	4,43	1,99
	14	9,3	33,39	3,34	1,50
	PROMEDIO			3,50	1,57

Cuadro N°21: Muestreo en Cacao mes de Octubre de 2011

REPETICIONES	N° de plantas	15/10/2011			
		Diámetro (cm)	Biomasa (Kg)	Biomasa (Tn/Ha)	Carbono Total (Tn/Ha)
R01	1	9,7	37,14	3,71	1,67
	2	9,5	35,24	3,52	1,59
	3	8,6	27,39	2,74	1,23
	4	7,2	17,47	1,75	0,79
	5	7,6	20,04	2,00	0,90
	6	10,2	42,18	4,22	1,90
	7	11,3	54,66	5,47	2,46
	8	10,5	45,39	4,54	2,04
	9	11,7	59,68	5,97	2,69
	10	9,8	38,12	3,81	1,72
	11	9,8	38,12	3,81	1,72
	12	8,7	28,21	2,82	1,27
	13	10,2	42,18	4,22	1,90
	14	10	40,12	4,01	1,81
	PROMEDIO			3,76	1,69
R02	1	10	40,12	4,01	1,81
	2	9,6	36,18	3,62	1,63
	3	9,2	32,49	3,25	1,46
	4	10,2	42,18	4,22	1,90
	5	10,7	47,61	4,76	2,14
	6	11,6	58,40	5,84	2,63
	7	12	63,63	6,36	2,86
	8	8,3	25,04	2,50	1,13
	9	9,2	32,49	3,25	1,46
	10	10,3	43,23	4,32	1,95
	11	8,6	27,39	2,74	1,23
	12	8,9	29,88	2,99	1,34
	13	9	30,73	3,07	1,38
	14	6,4	12,97	1,30	0,58
	PROMEDIO			3,73	1,68
R03	1	9,5	35,24	3,52	1,59
	2	10,3	43,23	4,32	1,95
	3	8,7	28,21	2,82	1,27
	4	8,8	29,03	2,90	1,31
	5	8,2	24,28	2,43	1,09
	6	9,8	38,12	3,81	1,72
	7	10,7	47,61	4,76	2,14
	8	6,4	12,97	1,30	0,58
	9	12,1	64,98	6,50	2,92
	10	10,2	42,18	4,22	1,90
	11	9,7	37,14	3,71	1,67
	12	9,4	34,31	3,43	1,54
	13	10,6	46,49	4,65	2,09
	14	9,6	36,18	3,62	1,63
	PROMEDIO			3,71	1,67

Cuadro N°22: Muestreo en Cacao mes de Noviembre de 2011

REPETICIONES	N° de plantas	15/11/2011			
		Diámetro (cm)	Biomasa (Kg)	Biomasa (Tn/Ha)	Carbono Total (Tn/Ha)
R01	1	9,7	37,14	3,71	1,67
	2	9,5	35,24	3,52	1,59
	3	9,9	39,11	3,91	1,76
	4	7,6	20,04	2,00	0,90
	5	7,9	22,10	2,21	0,99
	6	10	40,12	4,01	1,81
	7	11,3	54,66	5,47	2,46
	8	11	51,06	5,11	2,30
	9	11,7	59,68	5,97	2,69
	10	10	40,12	4,01	1,81
	11	10	40,12	4,01	1,81
	12	9	30,73	3,07	1,38
	13	10,7	47,61	4,76	2,14
	14	10,4	44,30	4,43	1,99
	PROMEDIO			4,01	1,81
R02	1	10,4	44,30	4,43	1,99
	2	10,2	42,18	4,22	1,90
	3	9,4	34,31	3,43	1,54
	4	10,2	42,18	4,22	1,90
	5	10,8	48,74	4,87	2,19
	6	11,8	60,98	6,10	2,74
	7	12,3	67,73	6,77	3,05
	8	8,5	26,59	2,66	1,20
	9	9,5	35,24	3,52	1,59
	10	12,7	73,45	7,34	3,31
	11	9,3	33,39	3,34	1,50
	12	9,2	32,49	3,25	1,46
	13	9,2	32,49	3,25	1,46
	14	6,9	15,69	1,57	0,71
	PROMEDIO			4,21	1,90
R03	1	10,2	42,18	4,22	1,90
	2	10,5	45,39	4,54	2,04
	3	9,1	31,60	3,16	1,42
	4	8,8	29,03	2,90	1,31
	5	8,7	28,21	2,82	1,27
	6	10	40,12	4,01	1,81
	7	10,8	48,74	4,87	2,19
	8	6,5	13,49	1,35	0,61
	9	12,4	69,14	6,91	3,11
	10	10,5	45,39	4,54	2,04
	11	10	40,12	4,01	1,81
	12	9,6	36,18	3,62	1,63
	13	10,6	46,49	4,65	2,09
	14	9,6	36,18	3,62	1,63
	PROMEDIO			3,94	1,78

CUADRO N°23: Muestreo en Cacao mes de Diciembre de 2011

REPETICIONES	N° de plantas	15/12/2011			Carbono Total (Tn/Ha)
		Diametro (cm)	Biomasa (Kg)	Biomasa (Tn/Ha)	
R01	1	9,9	39,11	3,91	1,76
	2	10,3	43,23	4,32	1,95
	3	10	40,12	4,01	1,81
	4	7,6	20,04	2,00	0,90
	5	8,2	24,28	2,43	1,09
	6	10,3	43,23	4,32	1,95
	7	11,7	59,68	5,97	2,69
	8	11,2	53,44	5,34	2,40
	9	12	63,63	6,36	2,86
	10	10,4	44,30	4,43	1,99
	11	10,2	42,18	4,22	1,90
	12	9,2	32,49	3,25	1,46
	13	10,7	47,61	4,76	2,14
	14	11,2	53,44	5,34	2,40
	PROMEDIO			4,33	1,95
R02	1	10,5	45,39	4,54	2,04
	2	10,2	42,18	4,22	1,90
	3	9,5	35,24	3,52	1,59
	4	10,3	43,23	4,32	1,95
	5	10,8	48,74	4,87	2,19
	6	12	63,63	6,36	2,86
	7	12,3	67,73	6,77	3,05
	8	8,5	26,59	2,66	1,20
	9	9,6	36,18	3,62	1,63
	10	12,7	73,45	7,34	3,31
	11	9,5	35,24	3,52	1,59
	12	9,2	32,49	3,25	1,46
	13	9,4	34,31	3,43	1,54
	14	6,9	15,69	1,57	0,71
	PROMEDIO			4,29	1,93
R03	1	10,3	43,23	4,32	1,95
	2	10,5	45,39	4,54	2,04
	3	9,2	32,49	3,25	1,46
	4	8,9	29,88	2,99	1,34
	5	8,8	29,03	2,90	1,31
	6	10,2	42,18	4,22	1,90
	7	11	51,06	5,11	2,30
	8	6,8	15,12	1,51	0,68
	9	12,4	69,14	6,91	3,11
	10	10,5	45,39	4,54	2,04
	11	10,3	43,23	4,32	1,95
	12	9,8	38,12	3,81	1,72
	13	10,6	46,49	4,65	2,09
	14	9,8	38,12	3,81	1,72
	PROMEDIO			4,06	1,83

CUADRO N° 24: Muestreo en Cacao mes de Enero de 2012

REPETICIONES	N° de plantas	15/01/2012			
		Diámetro (cm)	Biomasa (Kg)	Biomasa (Tn/Ha)	Carbono Total (Tn/Ha)
R01	1	10,3	43,23	4,32	1,95
	2	11,6	58,40	5,84	2,63
	3	9,5	35,24	3,52	1,59
	4	8	22,81	2,28	1,03
	5	8,6	27,39	2,74	1,23
	6	10,3	43,23	4,32	1,95
	7	11,8	60,98	6,10	2,74
	8	11,3	54,66	5,47	2,46
	9	12	63,63	6,36	2,86
	10	10,5	45,39	4,54	2,04
	11	10,4	44,30	4,43	1,99
	12	9,3	33,39	3,34	1,50
	13	11,2	53,44	5,34	2,40
	14	11,2	53,44	5,34	2,40
	PROMEDIO			4,57	2,06
R02	1	10,6	46,49	4,65	2,09
	2	10,4	44,30	4,43	1,99
	3	10,3	43,23	4,32	1,95
	4	10,7	47,61	4,76	2,14
	5	11,1	52,24	5,22	2,35
	6	12,2	66,35	6,64	2,99
	7	12,4	69,14	6,91	3,11
	8	8,9	29,88	2,99	1,34
	9	12,7	73,45	7,34	3,31
	10	12,9	76,41	7,64	3,44
	11	11,3	54,66	5,47	2,46
	12	10	40,12	4,01	1,81
	13	9,4	34,31	3,43	1,54
	14	7,8	21,40	2,14	0,96
	PROMEDIO			5,00	2,25
R03	1	10,7	47,61	4,76	2,14
	2	10,6	46,49	4,65	2,09
	3	9,3	33,39	3,34	1,50
	4	8,9	29,88	2,99	1,34
	5	9,7	37,14	3,71	1,67
	6	10,3	43,23	4,32	1,95
	7	11,3	54,66	5,47	2,46
	8	6,8	15,12	1,51	0,68
	9	12,5	70,56	7,06	3,18
	10	10,9	49,89	4,99	2,25
	11	10,5	45,39	4,54	2,04
	12	10,6	46,49	4,65	2,09
	13	11,9	62,30	6,23	2,80
	14	10,3	43,23	4,32	1,95
	PROMEDIO			4,47	2,01

CUADRO N° 25: Muestreo en Cacao mes de Febrero de 2012

REPETICIONES	N° de plantas	15/02/2011			
		Diámetro (cm)	Biomasa (Kg)	Biomasa (Tn/Ha)	Carbono Total (Tn/Ha)
R01	1	10,4	44,30	4,43	1,99
	2	11,6	58,40	5,84	2,63
	3	9,7	37,14	3,71	1,67
	4	8,4	25,81	2,58	1,16
	5	8,6	27,39	2,74	1,23
	6	10,5	45,39	4,54	2,04
	7	12,1	64,98	6,50	2,92
	8	11,5	57,14	5,71	2,57
	9	12	63,63	6,36	2,86
	10	10,5	45,39	4,54	2,04
	11	10,4	44,30	4,43	1,99
	12	9,7	37,14	3,71	1,67
	13	11,5	57,14	5,71	2,57
	14	11,5	57,14	5,71	2,57
	PROMEDIO			4,75	2,14
R02	1	10,8	48,74	4,87	2,19
	2	10,5	45,39	4,54	2,04
	3	11,6	58,40	5,84	2,63
	4	10,7	47,61	4,76	2,14
	5	10,9	49,89	4,99	2,25
	6	12,5	70,56	7,06	3,18
	7	12,4	69,14	6,91	3,11
	8	9,3	33,39	3,34	1,50
	9	12,9	76,41	7,64	3,44
	10	12,9	76,41	7,64	3,44
	11	11,6	58,40	5,84	2,63
	12	10,3	43,23	4,32	1,95
	13	9,6	36,18	3,62	1,63
	14	8,2	24,28	2,43	1,09
	PROMEDIO			5,27	2,37
R03	1	10,9	49,89	4,99	2,25
	2	10,6	46,49	4,65	2,09
	3	9,5	35,24	3,52	1,59
	4	9,3	33,39	3,34	1,50
	5	9,7	37,14	3,71	1,67
	6	10,3	43,23	4,32	1,95
	7	11,6	58,40	5,84	2,63
	8	7,3	18,09	1,81	0,81
	9	12,8	74,92	7,49	3,37
	10	11,1	52,24	5,22	2,35
	11	10,8	48,74	4,87	2,19
	12	10,6	46,49	4,65	2,09
	13	11,9	62,30	6,23	2,80
	14	10,6	46,49	4,65	2,09
	PROMEDIO			4,66	2,10

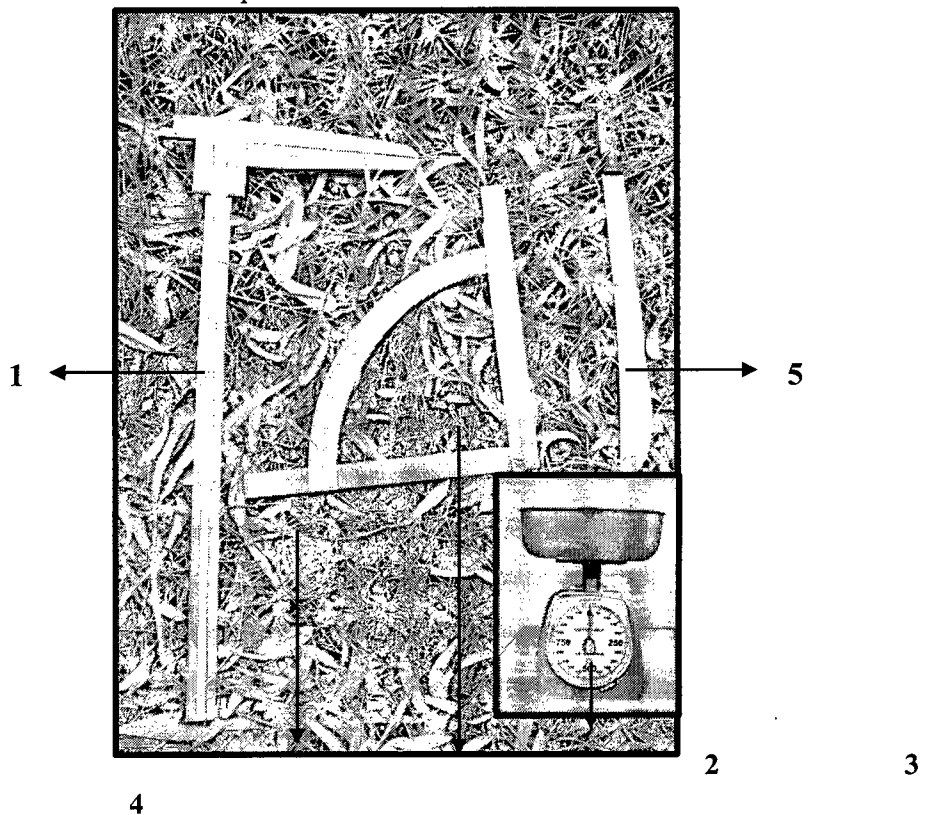
CUADRO N°26: Muestreo en Cacao mes de Marzo de 2012

REPETICIONES	N° de plantas	15/03/2011			Carbono Total (Tn/Ha)
		Diámetro (cm)	Biomasa (Kg)	Biomasa (Tn/Ha)	
R01	1	10,4	44,30	4,43	1,99
	2	11,6	58,40	5,84	2,63
	3	9,9	39,11	3,91	1,76
	4	8,6	27,39	2,74	1,23
	5	8,9	29,88	2,99	1,34
	6	11,2	53,44	5,34	2,40
	7	12,1	64,98	6,50	2,92
	8	11,7	59,68	5,97	2,69
	9	12	63,63	6,36	2,86
	10	10,5	45,39	4,54	2,04
	11	10,5	45,39	4,54	2,04
	12	10,2	42,18	4,22	1,90
	13	11,8	60,98	6,10	2,74
	14	11,5	57,14	5,71	2,57
	PROMEDIO			4,94	2,22
R02	1	11,3	54,66	5,47	2,46
	2	10,5	45,39	4,54	2,04
	3	11,6	58,40	5,84	2,63
	4	11,5	57,14	5,71	2,57
	5	10,9	49,89	4,99	2,25
	6	12,5	70,56	7,06	3,18
	7	12,6	71,99	7,20	3,24
	8	9,8	38,12	3,81	1,72
	9	12,9	76,41	7,64	3,44
	10	12,9	76,41	7,64	3,44
	11	12,4	69,14	6,91	3,11
	12	10,6	46,49	4,65	2,09
	13	9,6	36,18	3,62	1,63
	14	8,7	28,21	2,82	1,27
	PROMEDIO			5,56	2,50
R03	1	11	51,06	5,11	2,30
	2	10,6	46,49	4,65	2,09
	3	9,8	38,12	3,81	1,72
	4	9,7	37,14	3,71	1,67
	5	9,9	39,11	3,91	1,76
	6	10,3	43,23	4,32	1,95
	7	11,6	58,40	5,84	2,63
	8	7,7	20,71	2,07	0,93
	9	12,8	74,92	7,49	3,37
	10	11,5	57,14	5,71	2,57
	11	10,8	48,74	4,87	2,19
	12	10,8	48,74	4,87	2,19
	13	11,9	62,30	6,23	2,80
	14	10,9	49,89	4,99	2,25
	PROMEDIO			4,83	2,17

ANEXO 04:
Panel Fotográfico

- **PRINCIPALES MATERIALES UTILIZADOS EN EL ESTUDIO**

FOTO N° 1: Materiales Utilizados para el muestreo

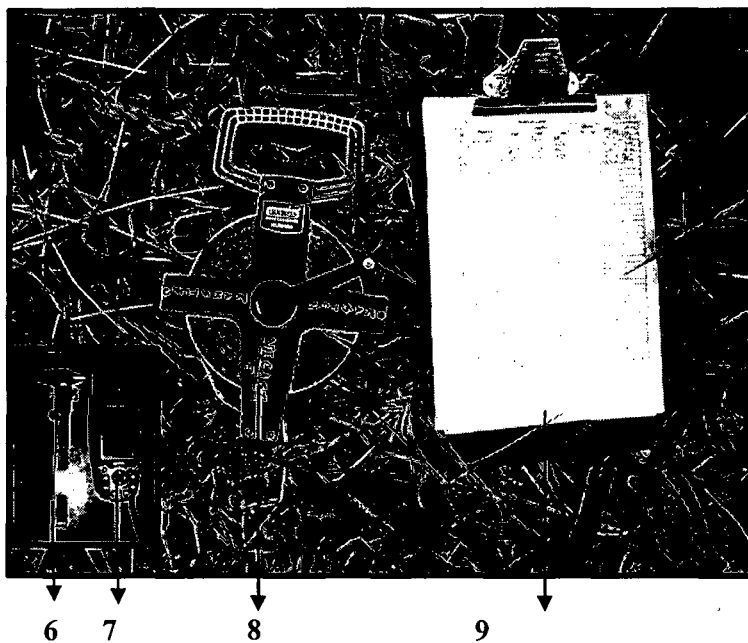


Materiales de campo:

1. Forcípula
2. Rafia
3. Hipsómetro
4. Machete
5. Balanza

- OTROS MATERIALES UTILIZADOS EN EL ESTUDIO.

FOTO N° 2: Materiales de campo



Materiales de campo:

6. Pie de rey
7. GPS
8. Wincha 50m
9. Tablero con matriz de campo

FOTO N°3: Medición de la Sección transversal de la Hoja N°17



FOTO N°4: Ejemplo demostrativo de la zona Transversal de la Hoja N°17



FOTO N°5: Medición del diámetro del Estipe (Tronco)



FOTO N°6: Medición del DAP en la plantación de Bolaina



FOTO N°7: Imagen panorámica de la Plantación de Bolaina



FOTO N°8: Medición del DAP a 30cm del suelo en Cacao

